

كما الشيف ، ج . نكولاييف ، ن . خوفلوف
تكنولوجيا
المعادن

ا . ماليشيف ـ ج . نيكولاييف ـ ي . شوفالوف

تكنولوجيا المعادن

دار «مير» للطباعة والنشر

الاتحاد السوفييتي موسكو

А. И. МАЛЫШЕВ, Г. Н. НИКОЛАЕВ, Ю. А. ШУВАЛОВ

ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО „МАШИНОСТРОЕНИЕ"
МОСКВА

На арабском языке

القسم الاول

انتاج المعادن الحديدية وغير الحديدية

الفصل الاول

انتاج الحديد الزهر

المعادن الحديدية هى سبائك من الحديد مع الكربون وعناصر اخرى منها السليكون والمنجنيز والفوسفور والكبريت وغيرها . وتنقسم سبائك الحديد والكربون حسب نسبة الكربون فيها، الى صلب وزهر. فالسبائك التي تحتوى على كربون بنسبة لا تزيد عن ٢٪ تعد صلبا، اما التى تحتوى على كربون بنسبة أكثر من ذلك فتعتبر من الحديد الزهر. وفى الواقع، فإن نسبة الكربون فى انواع الصلب التى تنتج عمليا يندر أن تتجاوز ١٫٤٪. وكذلك فنسبة الكربون فى انواع الزهر المصهورة عمليا تتراوح بين ٢٫٥ — ٤٫٥٪. ويستخلص الحديد الزهر فى الافران العالية (ويسمى عند صبه منها بتماسيح الحديد) ، اما الصلب فيحصل عليه بالتحويل من الزهر.

والجزء الاكبر من الزهر المستخلص فى الافران العالية يستعمل لانتاج الصلب. كما ان جزءا من هذا الزهر يستعمل لانتاج مسبوكات الزهر.

١ . المواد الاولية لاستخلاص الحديد الزهر بالافران العالية

هذه المواد هى خام الحديد والوقود والفلكس.

<u>خامات الحديد:</u>

هى خامات طبيعية تحتوى على مختلف انواع أكاسيد الحديد وما

يعرف باسم المادة العاطلة. وهذه المادة العاطلة تتكون عادة من السليكا (SiO_2) والالومينا (Al_2O_3) واكسيد الكالسيوم (CaO) واكسيد المغنسيوم (MgO).

وتتحدد صلاحية خام الحديد للاستخلاص بنسبة الحديد فيه وبتركيب المادة العاطلة، وبوجود عناصر ضارة مختلطة به ومن هذه العناصر: — الكبريت والفوسفور والزرنيخ وغيرها.

ومن خامات الحديد الصناعية:

خام الحديد المغناطيسى، ويحتوى على الحديد فى شكل اكسيد الحديد المغناطيسى (Fe_3O_4) ونسبة الحديد فى هذا الخام تتراوح عادة بين ٤٥ — ٧٠٪. والخام ذو خواص مغناطيسية، شديد الكثافة، اسود اللون. ويوجد هذا الخام فى الاورال وسيبيريا ومقاطعة كورسك.

خام الهماتيت الاحمر، وهو عبارة عن اكسيد الحديد غير المائى (Fe_2O_3). وتتراوح نسبة الحديد فى هذا الخام من ٥٠ — ٦٠٪ ولونه احمر داكن. واختزاله اسهل بكثير من خام الحديد المغناطيسى. ويوجد هذا الخام فى حوض كريفوى روج.

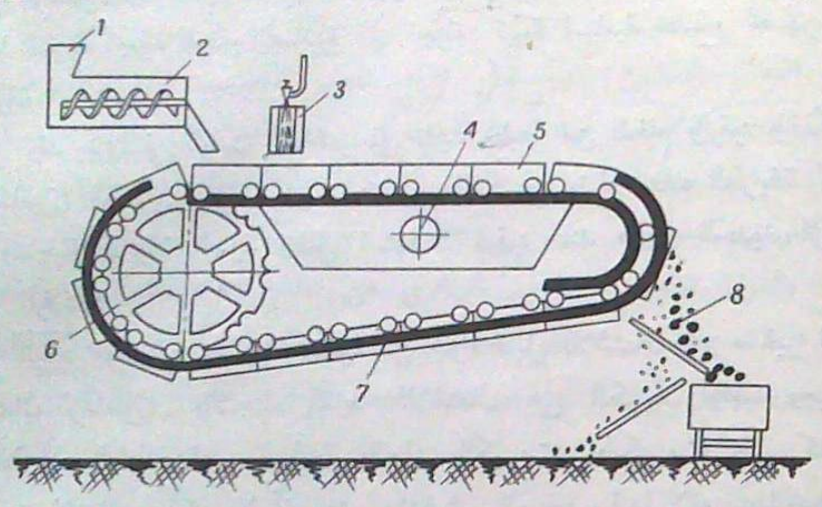
خام الليمونيت (الهماتيت البنى): وهو عبارة عن اكسيد الحديد المائى ($2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$). ونسبة الحديد فيه من ٢٠ — ٦٠٪. ولونه بنى ذو صبغات مختلفة. وهو سهل الاختزال مما يجعل استخلاص الحديد الزهر اقتصاديا حتى من الانواع غير الغنية منه. ويوجد فى الاورال، وحوض ضواحى موسكو.

خام كربونات الحديد (السبار): وهو عبارة عن كربونات الحديد (Fe_2CO_3) وتتراوح نسبة الحديد فيه عمليا من ٣٠ — ٤٢٪. ولونه رمادى مصفر. وخام السبار سهل الاختزال. وهو يوجد فى الاورال.

تحضير وتركيز الخام

من عمليات تحضير الخام وتركيزه التكسير والفرز والتحميص والغسل والتركيز الكهرومغناطيسى والتلبيد. ويتوقف سير عملية الاستخلاص فى الفرن العالى واستهلاك الوقود وجودة الزهر المستخلص على حسن تحضير الخام.

ويتم التكسير فى كسارات مخروطية او وجهية. ويفرز الخام المكسر على هزازات، او فى غرابيل خاصة تفصل الاحجار الكبيرة عن الصغيرة، وهذه الاخيرة فيما بعد يجرى تلبيدها، أى تجميعها وتسويتها الى احجار كبيرة.



شكل رقم ١. رسم تخطيطي لتركيب ماكينة تلبيد الخام:

1 — صندوق؛ 2 — الخلاط؛ 3 — مشعل؛ 4 — غرفة التخلخل؛ 5 — عربة؛ 6 — ترس محرك؛ 7 — قضيب؛ 8 — غربال هزاز.

وتفرز الاحجار الكبيرة، حجم ٣٠ — ١٠٠ مم الناتجة الى درجات وترسل للصهر. ولجعل الخام مساميا وسهل الاختزال وخاليا من الشوائب الضارة يجرى تحميصه فى افران خاصة لتحميص الخام. ويغسل الخام بالماء اذا كان يحتوى على نسبة كبيرة من الطين والرمل والطفل.. الخ. فعند الغسل يحمل تيار قوى من الماء هذه المادة العاطلة بعيدا عن الخام. ويركز الخام اذا كان ذا خواص مغناطيسية فى مجاهز خاصة تقوم فيها مغناطيسات كهربائية بالتقاط اجزاء الخام وتلقى المادة العاطلة غير المغناطيسية بعيدا. اما الاحجار الصغيرة وغبار الخام والغبار المتطاير الراجع من قمة الفرن العالى فتلبد للحصول على احجار كبيرة. وماكينة تلبيد الخام (شكل ١) عبارة عن جنزير حامل يتكون من عربات صغيرة تتحرك فى دورة مقفلة. وتحمل على القضبان الموجودة

على هذه العربات طبقة يصل سمكها الى ٢٥٠ مم من خليط مبلل من الخام والوقود المفتت، ويشعل الوقود بواسطة مشعل، ويسحب تيار من الهواء من اعلى لاسفل. وتتولد عند اشتعال الوقود درجة حرارة ١٢٠٠ — ١٣٠٠°م، يتم معها تسوية اجزاء الخام الصغيرة الى اجزاء كبيرة مسامية تصلح للصهر فى الافران العالية.

وقد بدئ فى الوقت الحاضر فى تلبيد خليط من الخام والوقود والفلكس (الاساسى) للحصول على مركب مختلط بالفلكس. وترفع هذه الطريقة كثيرا من انتاجية الافران العالية وتقلل استهلاك الوقود عند صهر الحديد الزهر.

الوقود :

الوقود هو مادة عضوية تتكون من جزء قابل للاشتعال وجزء غير قابل للاشتعال (عاطل). والاجزاء القابلة للاشتعال هى الكربون والهيدروجين، اما الاجزاء العاطلة فهى الرطوبة والرماد والكبريت. والكبريت وان كانت تتولد عند اشتعاله حرارة، الا أنه يعتبر مادة غير المرغوب فيها لانه يسئ خواص المعدن عند اختلاطه به. ويجب على وقود الافران العالية ان يكون ذا حجم محدد، ومتانة كافية، ومقاومة جيدة للانسحاق. كما يجب الا ينشقق عند درجات الحرارة العالية وان يحتوى على اقل كمية من الشوائب الضارة التى يمكن ان تختلط بالمعدن، وان تتكون عند احتراقه اقل كمية من الرماد، وان يكون ذا قدرة كبيرة على توليد الحرارة وثمن رخيص. ويستعمل اساسا فى الافران العالية كوقود فحم الكوك ونادرا الفحم الخشبى.

والكوك: هو اهم انواع الوقود المستعملة للصهر بالافران العالية. ويحصل على الكوك بالتقطير الاتلافى للفحم الحجرى. ويجرى انتاج الكوك فى افران خاصة عند درجة حرارة ١٠٠٠ — ١١٠٠°م. والكوك الجيد لونه رمادى فضى فاتح، لا يلوث الايدى، مسامى بشكل واضح وعلى سطحه شقوق. وكوك دونيتسك يحتوى على ٨٥ — ٨٧٪ كربونا و ١٫٥ — ٢٫٠٪ كبريتا ، و ٥ — ٩٪ ماء، و ١٠ — ١٣٪ رمادا. والقيمة الحرارية للكوك ٧٠٠٠ — ٨٠٠٠ كيلوكالورى/ كج. وتبلغ مقاومته للانسحاق ١٤٠ كج/سم² فتتميز انواع الكوك الجيدة

بنسبة ضئيلة من الرماد والرطوبة وبنسبة نوعية صغيرة من الكبريت فى تركيبها. ومن مزاياه، ارتفاع قيمته الحرارية ومساميته ومقاومته العالية للانسحاق والتهشم ورخص ثمنه. ويستعمل الكوك فى الافران العالية على شكل قطع يبلغ حجمها من ٣٠ — ٨٠ مم.

الفحم الخشبى: ويحصل عليه بتقطير الخشب فى افران خاصة. والفحم الخشبى الجيد لونه اسود لامع. وتركيبه ٨٠ — ٩٠٪ C، ١٠ — ١٢٪ (H+O+N) ورماد من ٠٫٦ الى ١٪. وقيمته الحرارية ٦٥٠٠ — ٨٠٠٠ كيلوكالورى/ كيلوجرام.

والمزايا الاساسية للفحم الخشبى هى عدم وجود الكبريت وانخفاض نسبة الرماد، اما عيوبه فهى انخفاض متانته (نحو ٢٠ كج/سم²) وارتفاع ثمنه. ويستعمل الفحم الخشبى عند صهر الانواع الجيدة من الحديد الزهر فقط.

الفلكس:

هو مواد معدنية توضع فى الفرن العالى فتتحد مع المادة العاطلة للخام ورماد الوقود مكونة خبثا سهل الانصهار. وعند وجود شوائب رملية طينية فى الخام يستعمل الحجر الجيرى كفلكس، اما اذا كانت المادة العاطلة جيرية التكوين فتستعمل بمثابة فلكس مواد تحتوى على السليكا والكوارتز والحجر الرملى والكوارتزيت. ويكسر الفلكس قبل الصهر الى قطع حجمها من ٣٠ — ٨٠ مم.

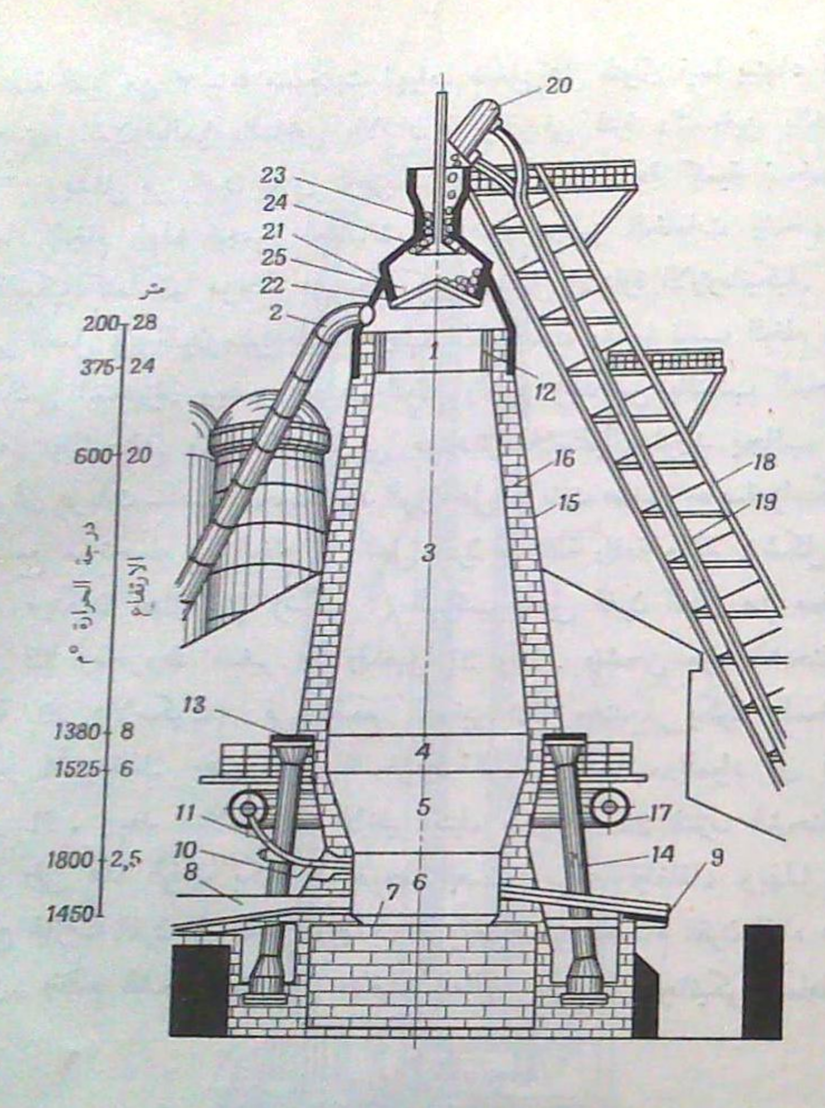
٢ . الفرن العالى وتركيبه

الفرن العالى جهاز مركب جبار، متواصل العمل، تصل انتاجيته الى ٢٠٠٠ طن من الحديد الزهر فى اليوم (٢٤ ساعة). وقد وضع العلماء السوفييت وعلى رأسهم الاكاديمى م. أ. بافلوف حسابات تصميم الافران العالية الحديثة.

وفى شكل ٣ مقطع يبين التركيب الداخلى لفرن عال حديث. والجزء العلوى 1 من الفرن يسمى بالقمة . وبالقمة جهاز ناثر لانزال الشحنة ومواسير 2 لخروج

الغازات تخرج منها غازات الفرن العالى. ويؤول هذا الجزء الى جزء مخروطى 3 يسمى بالقصبة. اما اكثر اجزاء الفرن اتساعا 4 فيسمى بمنطقة الانصهار وتقع تحته الاكتاف 5، ويليها الكور 6 وهو ذو شكل اسطوانى. ويسمى قاع الكور 7 بالقعر، وعلى مستوى القعر توجد قناة صب الزهر 8 تستخدم لخروج الحديد المنصهر واعلى منها بقليل قناة 9 لخروج الخبث المنصهر. وفى الجزء العلوى من الكور توجد على محيطه من ١٢ الى ١٨ فتحة مركبة بها اجهزة 10 لنفخ الهواء (تويير). وبطانة الفرن 16 مصنوعة من الطوب الحرارى الشاموت، وتركيبه بالتقريب ٥٠ — ٦٥٪ SiO_2 ، ٣٥ — ٤٢٪ Al_2O_3 ، ١٫٥ — ٣٪ Fe_2O_3 . وتتراوح مقاومته للحرارة بين ١٥٨٠ — ١٧٣٠°م والفرن مغطى بغلاف 15 ملحوم او مبرشم من الواح الصلب (الصاج). وتوضع فى بطانة الكور القرميدية والاكتاف مواسير (مبردات) يجرى فيها الماء باستمرار. ويرسل تيار من الهواء الساخن فى انبوبة الهواء 17 فيسير فى الاكواع المثنية 11 حتى يصل الى فتحات دخول الهواء (التويير).

ويصل الارتفاع النافع للفرن العالى الذى يعمل بالكوك الى ٣٥ مترا والذى يعمل بالفحم الخشبى الى ٢٠ مترا. والارتفاع النافع للفرن هو المسافة من قعر الفرن حتى مستوى انزال الشحنة. ويسخن الهواء الذى يدخل الى الفرن العالى خلال فتحات الهواء (التويير) فى مسخنات للهواء عبارة عن ابراج 1 (شكل ٣) مبطنة بالطوب الحرارى ومغطاة من الخارج بغلاف 2 من الصلب وتوجد داخل البرج غرفة الاحتراق 3 وقلب من الطوب 4 به عدد من القنوات. ويمر خليط من غاز الفرن العالى والهواء الى المسخن خلال الماسورة 5. ويشتعل هذا الخليط فى غرفة الاحتراق وتخرج منها نواتج الاحتراق الى القبة 6 ومنها تسير خلال قنوات القلب وتخرج من المدخنة الى الجو. وبعد تسخين القلب (٢ — ٣ ساعات) توقف تغذية الخليط وتقفل المدخنة ويدفع فى البرج خلال ماسورة 8 هواء بارد فيسخن عند مروره فى القلب الى درجة ٨٠٠°م ويسير فى الانبوبة 9 الى مواسير الهواء الساخن المتصلة بالماسورة الحلقية للفرن العالى. وتستمر التغذية بالهواء الساخن لمدة ساعة تقريبا. وتقوم



شكل رقم ٢. مقطع بالفرن العالي:

1 — قمة الفرن؛ 2 — ماسورة خروج الغاز؛ 3 — القصبة؛ 4 — منطقة الصهر؛ 5 — الاكتاف؛ 6 — الكور؛ 7 — القعر؛ 8 — قناة صب الزهر؛ 9 — قناة الخبث؛ 10 — التويير (فتحات الهواء)؛ 11 — كوع الهواء؛ 12 — حلقات؛ 13 — حلقة السند؛ 14 — مسند؛ 15 — الغلاف الخارجى؛ 16 — البطانة؛ 17 — انبوبة الهواء؛ 18 — رافعة عربات الشحن؛ 19 — قضيب؛ 20 — عربة شحن؛ 21 — القمع الكبير؛ 22 — المخروط الكبير؛ 23 — القمع الصغير؛ 24 — المخروط الصغير؛ 25 — مواد الشحنة.

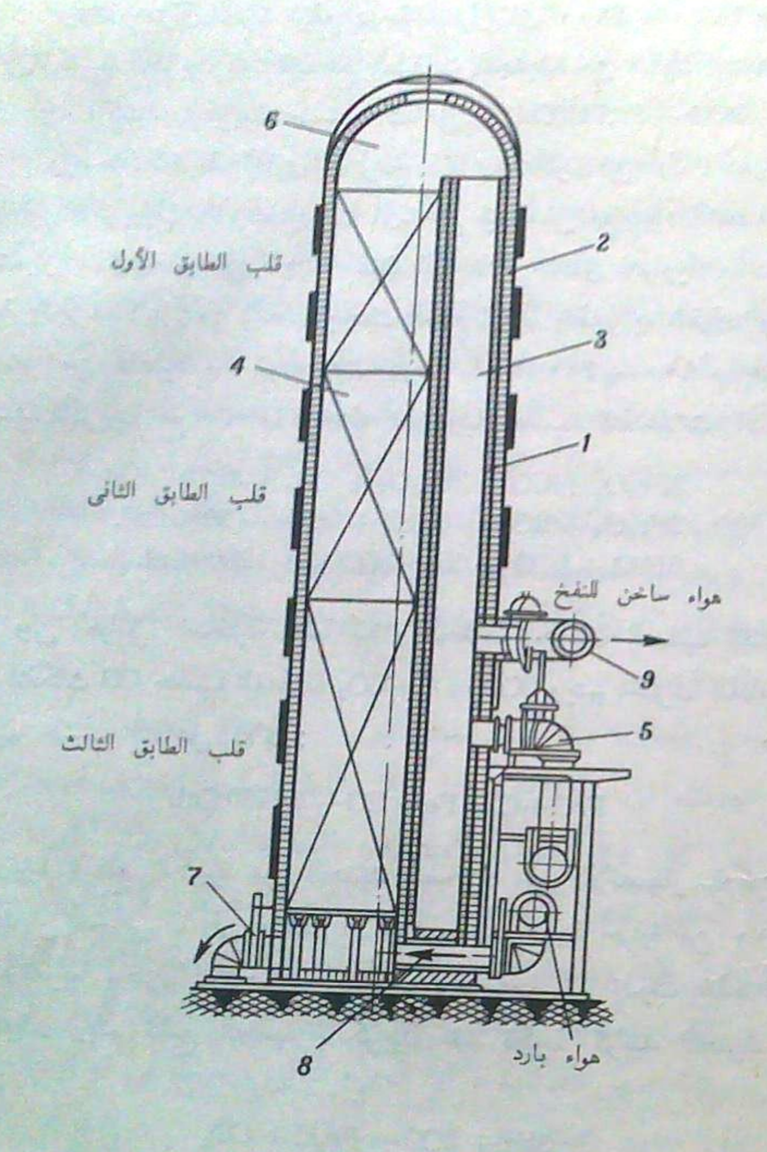
بتغذية الفرن من ٣ ـ ٥ مسخنات للهواء، تعمل على التوالى فيما بينها، احدها «يغذى» الفرن بالهواء الساخن والاثنان الباقيان فى فترة «التسخين بالغاز».

ويشغل فى الفرن العالى الحديث فى فترة ٢٤ ساعة كمية ضخمة من المواد الخام ولهذا فجميع العمليات الخاصة بتجهيز الخامات وشحنها تتم ميكانيكيا كما انها مزودة الى حد كبير بوسائل الادارة الاوتوماتيكية. ولكى يسير العمل فى الفرن سيرا طبيعيا يجب ان تحسب مقدما نسب الخام والوقود والفلكس المجهزة. ويسمى خليط الخام والوقود والفلكس بالنسب المحسوبة مقدما «بالشحنة». وتنزل الشحنة فى صناديق للاستقبال توجد بجانب ومنها تنزل الى عربات ـ ميزان تحملها بعد الوزن على عربات صغيرة خاصة (اسكيب) ترفع مع ما تحمله من الخام الى اعلى الفرن بواسطة رافعة مائلة (شكل ٢).

ويتكون جهاز النثر (شكل ٢) المركب بأعلى الفرن العالى من مخروط كبير 22 ومخروط صغير 24 وقمعين 21 و23. وتشحن مواد الشحنة من العربة 20 (الاسكيب) فى القمع الصغير 23 وعندما يكون المخروط الصغير 24 مغلقا. وعند انزال المخروط الصغير تنساب المواد الى القمع الكبير 21. وبعد امتلاء هذا الاخير ينزل مخروطه 22 فتنزل الشحنة الى الفرن. وفى هذا الوقت يكون المخروط الصغير مرفوعا ومغلقا، وبهذا يمنع خروج غازات الفرن الى الجو. وبهذه الطريقة يضمن احكام الفرن اثناء عملية الشحن. ونظام الشحن كله فى الافران العالية الحديثة اوتوماتيكى تماما.

٣ . عملية الاستخلاص بالفرن العالى

يوجد فى الفرن العالى عند عمله تياران متواصلان متضادا الاتجاه: فمن اعلى الى اسفل ينزل الخام وفحم الكوك والفلكس الداخلة الى الفرن؛ ومن اسفل الى اعلى تصعد نواتج احتراق الكوك والهواء الساخن. ويسخن الكوك عند نزوله بواسطة الغازات الساخنة الصاعدة، وعند تلامسه بالهواء المدفوع فى الجزء الاسفل من الفرن يحترق حسب التفاعل: $C+O_2=CO_2+97{,}65KCal.$



شكل رقم ٣. مسخن الهواء

وعند احتراق الكوك ترتفع درجة الحرارة الى ١٦٠٠ — ١٧٥٠°م. ويتفاعل ثانى اكسيد الكربون المتكون مع الطبقات الجديدة من الكوك المتوهج فيختزل الى أول اكسيد الكربون حسب التفاعل: $CO_2+C=2CO-37{,}71KCal.$

ويصعد الخليط الغازى المتوهج، الذى يتكون من أول اكسيد الكربون وحامض الكربونيك وأزوت الهواء، الى أعلى فيتلامس مع مواد الشحنة ويسخنها باستمرار مما يخلق فى اجزاء الفرن المختلفة مناطق حرارية مختلفة. فعند القمة والجزء الاعلى من القصبة يجف الخام النازل وتظهر به شقوق. وفى الجزء الاوسط من القصبة وما تحته عند درجة حرارة ٤٠٠ — ٩٠٠°م يتفاعل أول اكسيد الكربون مع الخام فيختزله تدريجيا حسب التفاعلات الآتية:

$$3Fe_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2 + 8870\ Cal.$$
$$2Fe_3O_4 + 2CO = 6FeO + 2CO_2 - 9980\ Cal.$$
$$6FeO + 6CO = 6Fe + 6CO_2 + 19500\ Cal.$$

ومن العوامل المختزلة ايضا لخام الحديد الكربون الصلب الذى يتكون نتيجة لتفكك CO حسب المعادلة $2CO = C+CO_2$ ويتم اختزال الخام بواسطة الكربون حسب التفاعل الاتى:

$$FeO+C = Fe + CO - 34460\ Cal.$$

وتبدأ القطع الكبيرة من الحديد المختزل فى الانصهار فتكون كتلا من الحديد المسامى . وفى منطقة الاكتاف عند درجة حرارة من ١١٠٠ الى ١٢٠٠°م تقريبا يختزل المنجنيز والسليكون والفوسفور ثم تذوب هذه الشوائب فى الحديد. ويتم تشبع الحديد بالكربون عند تكون كربيد الحديد حسب المعادلة:

$$3Fe + 2CO = Fe_3C + CO_2$$

ويذوب كربيد الحديد المتكون وكذلك الكربون الصلب فى الحديد المسامى الذى يتحول نظرا لهذا التشبع الى زهر. وتذوب فى الحديد كذلك المركبات الكبريتية بالخام والكوك. ويسمى الحديد المذاب به كربون وسليكون

ومنجنيز وفوسفور وكبريت بالزهر. وتظهر فى منطقة الاكتاف قطرات من الزهر المصهور تنساب تدريجيا الى الكور. وكما بينا سابقا فثمة مادة عاطلة بالخام، وهذه المادة العاطلة صعبة الانصهار جدا، ولخفض درجة انصهارها يضاف الى الشحنة الحجر الجيرى. ويكون الحجر الجيرى بتفاعله مع المادة العاطلة (او بانصهاره معها) الخبث. ويذوب فى الخبث جزء من المواد الضارة (الكبريتية والفوسفورية) والرماد. ويسمى الخبث الذى يحتوى على نسبة كبيرة من ثانى اكسيد السليكون SiO_2 حامضيا، اما عند ارتفاع نسبة اكسيد الكالسيوم CaO فى الخبث فيسمى قاعديا. وكلما كان الخبث اكثر قاعدية كلما ساعد اكثر على تخليص الحديد الزهر من الكبريت. وينساب الخبث على شكل قطرات كالحديد الى اسفل الفرن العالى، ولما كان الوزن النوعى للخبث اقل من الوزن النوعى للحديد الزهر، فان الخبث المصهور يطفو فوق الحديد الزهر المصهور. ويخرج الحديد الزهر من الفرن العالى من القناة السفلى المسماة بقناة الحديد الزهر 8 (شكل ٢) اما الخبث فيخرج خلال الفتحة العليا المسماة بقناة الخبث 9.

ويجمع الخبث مرة كل ساعة تقريبا. ويحمل الخبث المجموع فى حاملات الخبث الى مكان تحويله التالى. اما الحديد فيجرى استخراجه ٦ مرات تقريبا كل ٢٤ ساعة. ولاستخراج الحديد يوقف تيار الهواء وتثقب سدادة قناة الحديد الزهر ، فينساب الحديد الزهر المصهور فى الميازيب الى بوادق كبيرة مبطنة (مآخذ المعادن)، تسمى كذلك بالخلاطات، ويحمل فيها الى مكان استعماله. ويذهب جزء كبير من الحديد الزهر فى حالته السائلة الى ورشة صهر الصلب ، اما الجزء الباقى فيسبك فى ماكينات السبك للحصول على حديد التماسيح.

واهم دليل فنى اقتصادى على كفاءة عمل الفرن العالى هو معامل استغلال سعته النافعة K وهو نسبة السعة النافعة للفرن V بالامتار المكعبة الى انتاجه فى فترة ٢٤ ساعة بالطن T. والمعامل K يساوى: $K=\frac{V}{T}\ m^3/t$

فكلما قل K اقل كلما زاد مقدار الحديد الزهر المستخلص بكل متر مكعب من حجم الفرن، وبالتالى فكلما قل K كلما زادت انتاجية الفرن.

وباستعمال الطرق المتقدمة التى يطبقها خبراء الافران العالية السوفييت يمكن الوصول الى قيمة متوسطة للمعامل K بنحو ٠ر٦٥. ويقوم الصناع المجددون فى الانتاج بتطبيق الاجراءات التالية للحصول على افضل استغلال للسعة النافعة للفرن: ١) شحن الفرن بخام وكوك مجهزة بالاحجام المناسبة. ٢) الاحتفاظ بدرجة حرارة عالية وثابتة بالافران. ٣) استخدام اجهزة المراقبة والقياس الاوتوماتيكية لتسجيل دلائل سير العمل فى الفرن. كما يوجه المجددون عناية خاصة لمكننة العمليات التى تتطلب جهدا كبيرا وللأتمتة المجموعة للتحكم فى الافران العالية.

وقد بدئ فى السنوات الاخيرة فى دفع هواء غنى بالاكسجين الى الفرن وذلك مما يزيد من انتاجية الافران العالية. ولتزويد العمليات المتالورجية بالكمية اللازمة من الاكسجين فقد عكف الخبراء فى الوقت الحاضر على تجهيز تركيبات لتحضير الاكسجين تنتج من ١٠٠٠٠ — ٣٠٠٠٠ م٣/ساعة.

٤ . نواتج الفرن العالى

من نواتج الفرن العالى — الحديد الزهر والخبث وغاز الفرن العالى. والحديد الزهر هو الناتج الاساسى لعملية الصهر فى الفرن العالى. وينقسم الحديد الزهر للفرن العالى حسب تركيبه الكيميائى واستعماله الى حديد زهر للسباكة وحديد زهر للتحويل وحديد زهر خاص. كما ينقسم حسب نوع الوقود المستعمل الى حديد زهر الكوك وحديد زهر الفحم الخشبى.

١) حديد زهر السباكة يستعمل للحصول على مسبوكات زهر فى ورش سباكة الزهر. ويتراوح تركيب زهر السباكة المنتج فى الافران العالية فى الحدود التالية: سليكون ١ر٢٥ — ٤ر٢٥٪؛ منجنيز — ٠ر٥ — ١ر٣٪، فوسفور الى ٠ر٣٪؛ كبريت الى ٠ر٠٧٪. وترقم انواع زهر السباكة بالارقام ЛК-00، ЛК-0، ЛК-1، ЛК-2، ЛК-3، ЛК-4. وفى هذا الترقيم كلما زاد الرقم الموجود فى

الترقيم كلما كانت نسبة السليكون اقل. فنسبة السليكون فى الزهر ЛК-00 مثلا من ٣ر٧٦ — ٤ر٢٥٪ وفى الزهر ЛК-4 نسبة السليكون ١ر٢٥ — ١ر٧٥٪.

٢) حديد زهر التحويل وهو الزهر الذى يحول الى صلب. ويسمى هذا الحديد الزهر الابيض حسب طريقة التحويل اما بحديد زهر مارتن (م) او حديد زهر بسمر (ب) او حديد زهر توماس (ت).

وجدول ١ يبين التركيب التقريبى لانواع الحديد الزهر للتحويل ومنه نرى أن بهذه الانواع نسبة صغيرة من السليكون ونسبة كبيرة من المنجنيز، وعلى الاخص فى حديد زهر مارتن. ويوجد الكربون فى هذه الانواع فى حالة متحدة مع الحديد ولهذا فهى ذات مكسر أبيض وكثيرا ما تسمى بالحديد الزهر الابيض.

٣) الحديد الزهر الذى يحتوى على نسبة كبيرة من السليكون او المنجنيز يسمى بالسبائك الحديد. وتستعمل سبائك الحديد كإضافات خاصة عند انتاج الصلب وكذلك عند انتاج المسبوكات من الزهر. وفى جدول ١ ترد تركيبات أنواع زهر التحويل وزهر السباكة والانواع الخاصة من الزهر وكذلك سبائك الحديد المستخلصة فى الافران العالية.

جدول ١

تركيب حديد زهر التحويل وسبائك الحديد المنتجة فى الافران العالية

انواع الحديد الزهر	السليكون	المنجنيز	الفوسفور	الكبريت
حديد تحويل (م). . . .	٠ر٣—٠ر٥	١ر٥—٣ر٥	حتى ٠ر٣	حتى ٠ر٠٧
حديد تحويل (ب). . .	٠ر٩—٢ر٠	٠ر٦—١ر٥	” ٠ر٠٧	” ٠ر٠٦
حديد تحويل (ت). . .	٠ر٢—٠ر٩	٠ر٨—١ر٣	١ر٦—٢ر٠	” ٠ر٠٨
سبائك حديد:				
حديد — سليكون (فروسليكون)	٩—١٣	٣	٠ر٢	٠ر٠٤
حديد — منجنيز (فرومنجنيز)	٢	٧٠—٧٥	٠ر٣٥—٠ر٤٥	٠ر٠٣

٤) خبث الفرن العالى ويستعمل لانتاج طوب الخبث وكتل الخبث والاسمنت الخبثى. كما يحصل من الخبث الحامضى على صوف الخبث الذى يستعمل كعازل حرارى لرداءة توصيله للحرارة.

٥) غاز الفرن العالى ويستعمل بعد تخليصه من الغبار كوقود لمسخنات الهواء والغلايات وغيرها من التركيبات الصناعية والنسب المتوسطة لمركباته هى: ٢٧٪ CO؛ ١٢٪ CO_2 و٢٪ H_2؛ ٠٫٥٪ CH_4، ٥٨٪ N_2. وقيمته الحرارية نحو ١٠٠٠ كالورى/م^3 ويعد هذا الغاز من الغازات الفقيرة فى القيمة الحرارية.

الفصل الثانى

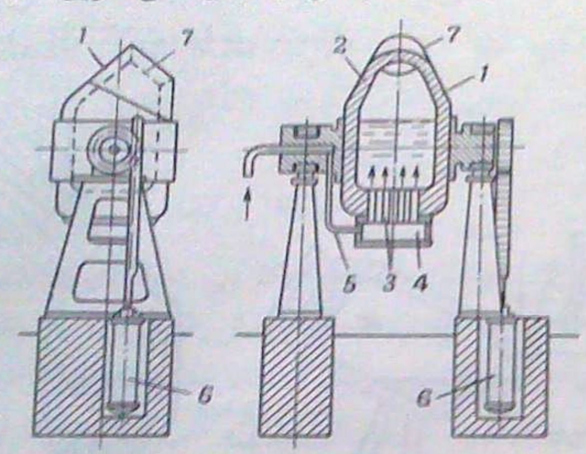
انتاج الصلب

المادة الخام الاساسية لانتاج الصلب هى حديد زهر التحويل وكذلك الحديد الخردة. ويجب ان تكون نسبة الكربون والمواد المختلطة الاخرى فى الصلب اقل بكثير منها فى الحديد الزهر، ويتوصل الى ذلك باكسدتها فى عملية التحويل. ومن الطرق الحديثة لانتاج الصلب: ١ ــ طريقة التحويل. ٢ ــ انتاج الصلب فى افران مارتن. ٣ ــ انتاج الصلب فى الافران الكهربائية.

١ . طريقة التحويل

وقد اقترح هذه الطريقة المتالورجى الانجليزى هـ. بسمر فى سنة ١٨٥٥، وهى مبنية على نفخ الهواء المضغوط خلال الحديد الزهر المصهور، المصبوب فى وعاء خاص يعرف بالمحول. والمحول عبارة عن وعاء 1 كمثرى الشكل (شكل ٤) مبرشم من صفائح الصلب (الصاج) سمكها ١٥ ــ ٣٠ مم. والتجويف الداخلى 2 للمحول مبطن بمادة مقاومة للحرارة (بطانة)، سمكها

نحو ٣٠٠ مم. والسعة النافعة للمحول تصل الى ٣٠ طن. ويدخل الهواء خلال القاع القابل للتغيير 3 الذى له نحو ٣٠٠ فتحة؛ وهذه الفتحات مغلقة من اسفل بواسطة الصندوق 4، الذى يدخل فيه الهواء عن طريق المحور المجوف



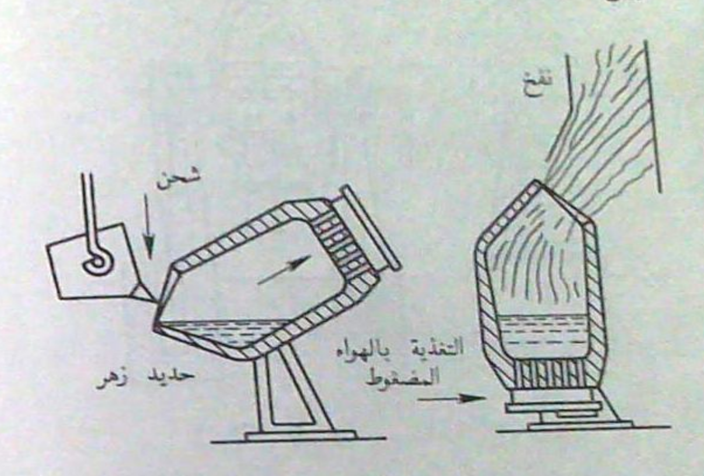
شكل رقم ٤. رسم تخطيطى للمحول.

والكوع 5 وتقوم تركيبة خاصة بادارة المحول الى الوضع الافقى لشحنه بالمعدن او لصب الصلب الجاهز خلال العنق 7. وعند صهر الصلب يدار المحول الى الوضع الرأسى وفى هذا الوضع تكون تغذية الهواء على اقصاها ١٫٥ ــ ٢٫٥ ض. جـ. ويكون التحويل حامضيا او قاعديا حسب التركيب الكيميائى للحديد الزهر المحول.

ويجرى التحويل الحامضى ويسمى بطريقة بسمر فى محول ذى بطانة حامضية من الطوب الديناسى المجهز من مادة مقاومة للحرارة تحتوى من ٩٠ ــ ٩٧٪ سليكا.

ولما كانت البطانة الحامضية تتآكل عند تعرضها للخبث القاعدى، فلا يمكن ان تحول بطريقة بسمر الا انواع الحديد الزهر السليكى التى تعطى خبثا حامضيا. وبالاضافة الى ذلك فان الحديد الزهر المحول يجب ان يحتوى على اقل كمية ممكنة من الفوسفور والكبريت، لانه لا يمكن تخليص الصلب من هذه المواد عند التحويل لعدم وجود خبث قاعدى.

وقبل ان يبدأ نفخ الهواء فى المحول، يوضع فى الوضع الافقى (شكل ٥) ويسخن، ثم يملأ بالحديد الزهر السائل الى $\frac{1}{3}$ حجمه تقريبا. وبعد ذلك يبدأ نفخ الهواء، ويدار المحول الى الوضع الرأسى (العامل). وتنقسم عملية التحويل الى ثلاث مراحل متميزة.



شكل رقم ٥. المحول فى وضع الصب ووضع النفخ.

المرحلة الاولى: وتتميز بظهور شرر كثير عند عنق المحول. ويفسر ظهور الشرر بالتأثير الميكانيكى لتيار الهواء على الحديد الزهر المصهور الذى تتطاير قطرات منه وتحترق فى الهواء بشكل نجوم مضيئة. وفى هذه المرحلة تبدأ الاكسدة الشديدة للمواد المختلطة بالحديد الزهر المصبوب نتيجة لتفاعل اكسيد الحديد المتكون مع السليكون والمنجنيز المختلطين بالحديد. وتتم هذه العمليات حسب التفاعلات الاتية:

$$Fe + \frac{1}{2}O_2 = FeO + 64430\ Cal.$$
$$2FeO + Si = 2Fe + SiO_2 + 78990\ Cal.$$
$$FeO + Mn = Fe + MnO + 32290\ Cal.$$

ويصحب أكسدة السليكون تولد كمية كبيرة من الحرارة وارتفاع حاد لدرجة حرارة المعدن.

المرحلة الثانية: وتبدأ عند ارتفاع درجة الحرارة الى ١٥٠٠° م، مما يخلق الظروف الملائمة للاحتراق الشديد للكربون:

$$FeO + C = CO + Fe - 34460\ Cal.$$

ويسبب تكون اول اكسيد الكربون غليانا شديدا للمعدن ويظهر عند عنق المحول لهب ابيض خاطف نتيجة لاتمام احتراق اول اكسيد الكربون فى الهواء الى ثانى اكسيد الكربون:

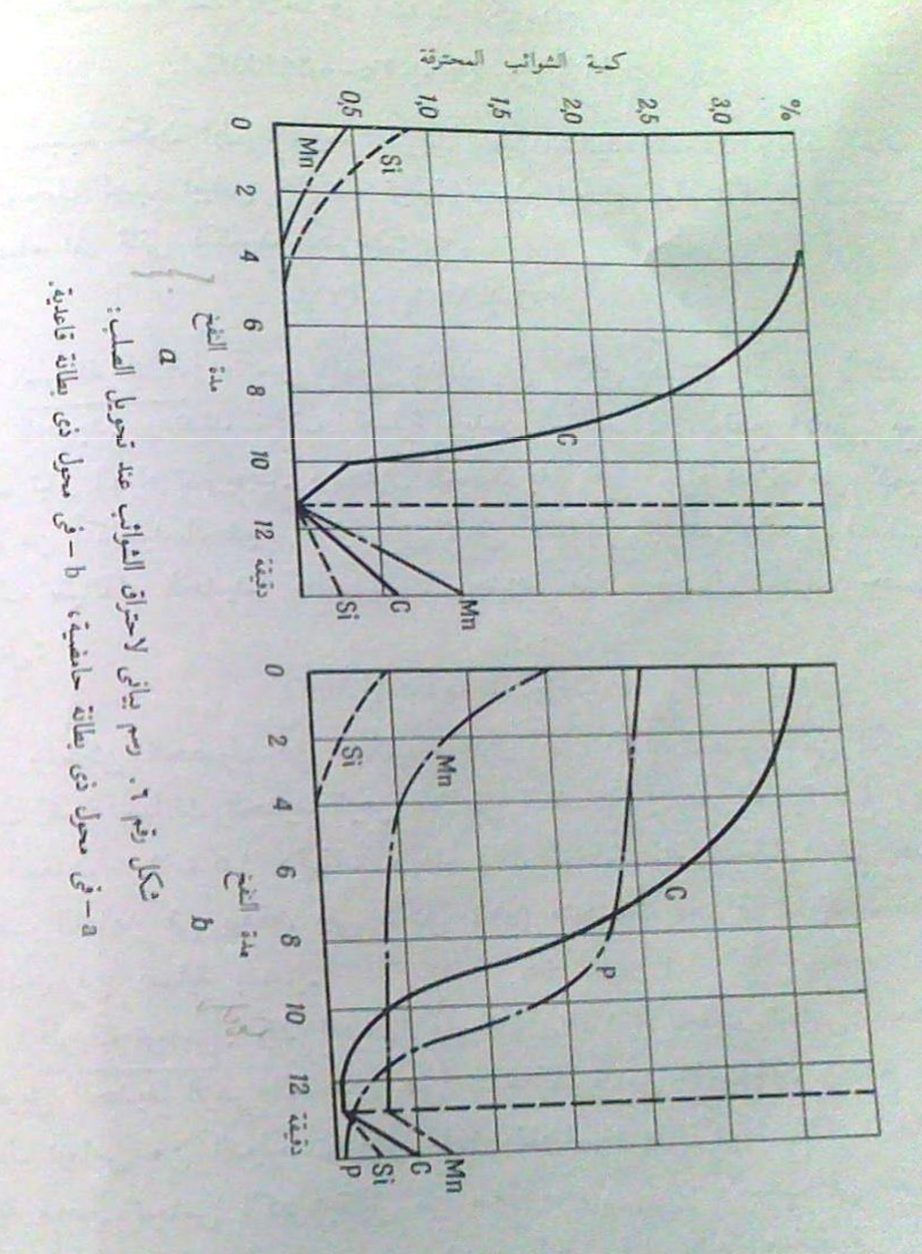
$$CO + \frac{1}{2}O_2 = CO_2$$

المرحلة الثالثة: وتتميز بظهور دخان بنى داكن وهو الدليل على تأكسد شديد للحديد. وعندئذ توقف العملية ويدار المحول الى الوضع الافقى مع ايقاف تيار الهواء تدريجيا. ويحتوى المعدن بعد نفخ الهواء خلاله على كمية كبيرة من أكاسيد الحديد الذائبة التى تقلل كثيرا من جودته. ولاختزال الصلب تضاف سبائك الحديد كالحديد المنجنيزى مثلا. ويتم الاختزال حسب التفاعل:

$$FeO + Mn = Fe + MnO$$

ويمكن الحصول على صلب يحتوى على النسبة المطلوبة من الكربون حسب كمية سبائك الحديد الزهر الخاص المضافة. وتستمر عملية نفخ الهواء فى المعدن ١٠ — ١٥ دقيقة، وبعد ذلك تؤخذ عينة للتحليل، ثم يصب الصلب الجاهز فى بودقة. وفى شكل ٦(a) منحنيات احتراق المواد المختلطة بالحديد فى عملية بسمر.

طريقة توماس: وقد اقترحها فى سنة ١٨٧٨ الانجليزى توماس. وتستعمل لتحويل الحديد الزهر المحتوى على نسبة كبيرة من الفوسفور. وتصنع بطانة محول توماس من الدولوميت وهو مادة مقاومة للصهر تركيبها $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ وسعة محول توماس اكبر بقليل من سعة محول بسمر والسبب فى ذلك هو ضرورة شحن المحول بالجير. ويشحن الجير قبل بدء العملية فى المحول المسخن بكمية تقرب من ١٠ — ١٥٪ من وزن المعدن، ثم يصب الحديد



شكل رقم ٦. رسم بيانى لاحتراق الشوائب عند تحويل الصلب: a–فى محول ذى بطانة حامضية، b–فى محول ذى بطانة قاعدية.

الزهر ويرسل تيار الهواء خلاله. وفى شكل ٦(b) رسم بيانى لاحتراق المواد المختلطة بالحديد الزهر فى عملية توماس. وفى عملية التحويل القاعدى تتولد الحرارة اللازمة لا نتيجة لتأكسد السليكون كما يحدث فى العملية الحامضية ولكن نتيجة لاحتراق الفوسفور فى المقام الاول. ويصحب تأكسد الفوسفور تولد كمية كبيرة من الحرارة وارتفاع كبير لدرجة الحرارة:

$$2P + 5FeO = P_2O_5 + 5Fe + 46900 \text{ Cal.}$$

ويتحد خامس أكسيد الفسفور المتكون مع الجير:

$$P_2O_5 + 4CaO = (CaO)_4 \cdot P_2O_5$$

وبعد نفخ تيار الهواء يقشط الخبث وتضاف المواد المختزلة. وتستمر العملية نحو ٢٠ دقيقة. والخبث القاعدى يحتوى على ٢٥٪ تقريبا من خامس اكسيد الفوسفور ويستعمل كسماد زراعى.

ويجب أن تحتوى فى انواع زهر الفرن العالى المستعملة للتحويل القاعدى على نسبة صغيرة من السليكون (أ نظر بجدول ١ حديد زهر (ت))، لأن السليكون يتأكسد عند الصهر الى SiO_2 ويكون خبثا حامضيا يسبب تآكل البطانة القاعدية للمحول.

وتمتاز طريقة التحويل بارتفاع انتاجية المحول وصغر حجمه وببساطتها وعدم الحاجة الى وقود اذ أن الوصول الى درجة حرارة عالية يكون على حساب كمية الحرارة المتولدة فى عملية تأكسد العناصر. وهذا كله يجعل تكاليف الصلب الناتج زهيدة. والعيوب الجوهرية لهذه الطريقة هى: استحالة تحويل الكمية كبيرة من الحديد الخردة وتحويل انواع الزهر ذات التركيب المحدد والتأكسد الكبير للمعدن (٥ — ١٠٪) وصعوبة تنظيم العملية ووجود نسبة كبيرة من اكسيد الحديد والازوت فى الصلب مما يخفض من جودته.

ويعتبر صلب المحولات من انواع الصلب ذات الجودة العادية. ويستعمل لانتاج صفائح الصلب والمواسير الملحومة والكمرات ذات المقاطع المختلفة والاسلاك وغيرها من المنتجات التى تتطلب لانتاجها كمية كبيرة من المواد

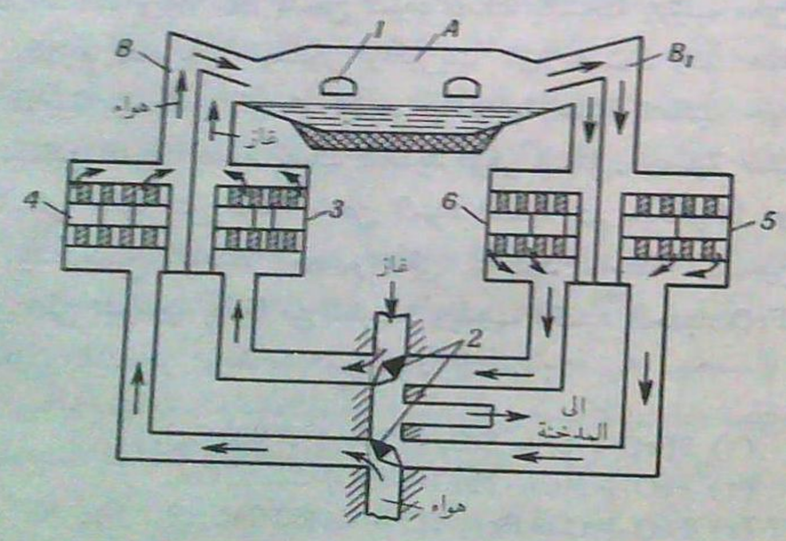
الرخيصة. وقد أدخل فى السنوات الاخيرة فى عملية التحويل نفخ تيار من الاكسجين بدلا من الهواء مما يزيد من سرعة العملية ويرفع انتاجيتها. والصلب المحول، الناتج عند استعمال تيار من الاكسجين، يقارب في جودته صلب عملية مارتن. ان الاستخدام الواسع للاجهزة والعدادات الاوتوماتيكية التى تراقب وتنظم عمليات الصهر فى المحولات يحسن نوعية الصلب كثيرا ويجعل هذه الطريقة فى صهر الصلب اكثر تطورا وبانتهاء مشروع السنوات السبع فقد انتشر انتاج الصلب فى المحولات فى الاتحاد السوفييتى انتشارا واسعا.

٢ . طريقة مارتن

تتميز طريقة مارتن لانتاج الصلب عن طريقة التحويل بكونها لا تسمح بتحويل الحديد الزهر (السائل او حديد التماسيح) فحسب، بل ويمكن بواسطتها كذلك اعادة صهر اجزاء الماكينات التى اصبحت غير صالحة للعمل والمتراكمة في المصانع وكل الانواع الممكنة من خردة المعادن الحديدية. ويصهر نحو ٨٥٪ من الصلب فى الاتحاد السوفييتى بطريقة مارتن. ويصل طول الافران المارتنية الكبيرة الى ٢٥ مترا وعرضها الى ٧ امتار. وتتراوح سعة الافران من ٢٠ الى ٥٠٠ طن. وشكل ٧ يوضح تركيب فرن مارتن. ويتكون الفرن من مكان التشغيل A حيث تصهر الشحنة، وشبابيك الشحن 1 لادخال المواد، والرأسين B و B_1 التى تتجه منها قنوات الى مسترجعات الحرارة 6, 5, 4, 3 وهذه الاخيرة عبارة عن غرف ذات قلب من الطوب الحرارى المصفوف بما على شكل يشبه القفص. والهدف منها استعمال الحرارة الزائدة فى عمليات الصهر. وفى الوضع المبين بشكل ٧ للصمامين 2 يسير الهواء والغاز فى قنوات منفصلة الى الرأس B ويمر الغاز بمسترجع الحرارة 3 بينما يمر الهواء بالمسترجع 4. وعند خروج الخليط الساخن من الرأسين يشتعل معطيا لهبا طويلا زاحفا يسخن مكان التشغيل بالفرن حتى ١٢٠٠°م. وتخرج النواتج المتوهجة للاحتراق خلال الرأس B_1 الى المسترجعين 5 و 6 حيث تترك كمية من الحرارة

للقلب ثم تتجه الى القناة المؤدية الى المدخنة. وبعد تسخين مسترجعات يدار الصمامان 2 بزاوية ٩٠°، فيغير الهواء والغاز اتجاههما ويمران بالقلب الحار للمسترجعين 5 و 6 حيث يسخنا حتى ١١٠٠ — ١٢٠٠°م ويدخلان بهذه الدرجة الى مكان تشغيل الفرن حيث يختلطان ويشتعلان فيرفعان درجة حرارة الفرن الى ١٨٠٠°م. وتخرج نواتج الاحتراق من الفرن خلال الرأس B الى المسترجعين 3 و 4 حيث تسخن قلبيهما ثم تذهب الى القناة المؤدية الى المدخنة. وبعد ٢٠ — ٣٠ دقيقة يعاد الصمامان الى الوضع السابق وتتكرر الدورة. وقد اتسع فى الوقت الحاضر استخدام التحكم الاوتوماتيكى فى النظام الحرارى بالفرن. وتوضع لهذا الغرض فى الاماكن الملائمة اجهزة تقوم بتسجيل درجة الحرارة. وتتصل تركيبة تشغيل صمامي تغذية الهواء والغاز اوتوماتيكيا باجهزة تسجيل الحرارة مما يضمن تحقيق الظروف الحرارية المطلوبة.

ويجرى اخراج الصلب الجاهز خلال فتحات الخروج بالحائط الخلفى للفرن (لا ترى بالرسم). وعند عمل الفرن بالوقود السائل يكون به مسترجعان للحرارة فقط لتسخين الهواء. وافران مارتن يمكن ان تكون حامضية او قاعدية،



شكل رقم ٧. رسم تخطيطى لتركيب فرن مارتن.

حسب نوع الطوب الحرارى المستعمل للتبطين وتصنع قبب وردوس الافران الحامضية والقاعدية من الطوب الكرومى المنجنيزى، الذى يتحمل جديدا التقلبات الحادة لدرجة الحرارة.

وهناك عدة انواع من عمليات الصهر بطريقة مارتن حسب طبيعة المواد الاولية للعملية. وأهم هذه الانواع هى عملية الخام وعملية الخردة. وتستعمل عملية الخام فى ورش أفران مارتن بالمصانع المتالورجية. وفى هذه العملية يحول الحديد الزهر المنصهر مع اضافات من خام الحديد وبقايا الانتاج المتالورجى. اما عملية الخردة فتستعمل فى ورش أفران مارتن بمصانع بناء الماكينات التى تملك كمية كبيرة من نفايات الانتاج. ويكون تركيب الشحنة المحولة فى هذه الحالة من ٦٠ — ٨٠٪ خردة (نفايات الانتاج، خردة المعادن الحديدية) و٤٠ — ٢٠٪ من حديد التماسيح.

عملية الخام (قاعدية):

يصهر بهذه الطريقة الجزء الاكبر من الصلب المنتج جميعه. وفى بداية العملية يلقى فى الفرن المسخن بالدولوميت المحمص لتحمية قاع الفرن وجوانبه المائلة، وبعد ذلك تشحن المواد الصلبة بالشحنة بترتيب معين، وكذلك الجير اللازم لتحويل الفوسفور والكبريت الى خبث. وتتم عملية شحن المواد الاولية بواسطة ماكينات للشحن باعتبارها عملية تتطلب جهدا كبيرا. وبعد تسخين المواد الصلبة يصب الحديد الزهر السائل. وعملية صب الحديد الزهر السائل مثلها مثل عملية شحن المواد الصلبة تتم ميكانيكيا. واثناء سير العملية يبدأ سطح المعدن المصهور فى التأكسد بواسطة اكسجين غازات الفرن ويتغطى تدريجيا بطبقة من الخبث. ويذوب اكسيد الحديد FeO المتكون فى المعدن المنصهر ويتفاعل مع مواد الشحنة:

(١) $2FeO + Si = SiO_2 + 2Fe + 78990$ Cal.

(٢) $FeO + Mn = MnO + Fe + 32290$ Cal.

(٣) $FeO + C = Fe + CO - 34460$ Cal.

(٤) $5FeO + 2P = P_2O_5 + 5Fe + 46900$ Cal.

ويتحد الجير الموجود بالشحنة مع P_2O_5 مما يساعد على تخليص الشحنة من الفوسفور:

$$P_2O_5 + 4CaO = (CaO)_4 P_2P_5$$

وبالمثل فوجود كمية كافية من اكسيد الكالسيوم فى الخبث يضمن تحويل الكبريت الى خبث:

$$FeS + CaO = FeO + CaS$$

وكما نرى من التفاعلات ١ — ٤ أعلاه، فان اكسيد الحديد FeO هو المصدر الوحيد للاكسجين بحمام المعدن المنصهر المغطى بطبقة من الخبث. ويضاف خام الحديد عدة مرات لمضاعفة سرعة عمليات الاكسدة. والعلامة المميزة الدالة على السير الطبيعى للعملية هى «الغليان» — وهو الفترة التى يتم فيها التأكسد الشديد للكربون. ويساعد الغليان على تقليب المعدن وخروج الغازات والتوزيع المتساوى للحرارة على عمق حمام المعدن كله. وتؤخذ اثناء سير العملية عينات عدة مرات يمكن منها الحكم على التركيب التقريبى للصلب. وفيما عدا العينات يجرى تحليل عاجل للمعدن والخبث يحدد تركيب الصلب الكيميائى بدقة خلال ٣ — ٥ دقائق. وقبل نهاية الصهر يزاح الخبث وتضاف المواد المختزلة. وللحصول على انواع الصلب الخاصة (السبائكية) يضاف الحديد الكرومى (الفروكروم) او الحديد القانادى (الفروفاناديوم) الخ.

عملية الخردة:

وتجرى فى افران ذات بطانة حامضية على شحنة تحتوى على أقل كمية ممكنة من الفوسفور والكبريت. ويتلخص جوهر العملية فى أكسدة الكربون، والسليكون والمنجنيز وهى تحت وقاية الخبث. وسير العملية فيما يختص بأكسدة المواد المختلطة وتبادل الاكسجين شبيه بما اوضحناه سابقا. وتكون خواص الصلب المصهور فى الفرن الحامضى اجود بكثير من خواص الصلب المصهور فى الفرن القاعدى، ولكن ضرورة استعمال الشحنات النقية ترفع كثيرا من تكاليف الانتاج. وأهم دليل فنى اقتصادى على كفاءة الانتاج بطريقة مارتن هو كمية

الصلب الناتج عن كل متر مربع من ارضية الفرن فى مدة ٢٤ ساعة. وقد توصل منتجو الصلب المجددون باستعمال الطرق السريعة لصهر الصلب الى انتاجية عالية تصل الى ١٢ طنا من الصلب الجيد لكل متر مربع من ارضية الفرن كل ٢٤ ساعة. وقد تمكن المتالورجيون السوفييت من استعمال الاكسجين فى انتاج الصلب فى افران مارتن مما رفع كثيرا من انتاجية الافران. وتسير عملية مارتن سيرا هادئا بالمقارنة مع عملية التحويل كما انها تسمح بالحصول على صلب كربونى وصلب سبائكى ذى جودة عالية، وتركيب كيمائى يطابق تماما التركيب المطلوب. والصلب المارتنى وان كان يقل عن الصلب المنتج بالافران الكهربائية فى كثافته وتماثل اجزائه الا انه ارخص بكثير من الصلب الكهربائى. ويستعمل صلب مارتن الحامضى فى انتاج الماكينات التي يعلق عليها كثير من الأهمية فى حين يستعمل الصلب القاعدى فى الصناعة العامة كالسكك الحديدية والكبارى والهندسة المدنية.. الخ.

٣ . الصهر الكهربائى

يمتاز الصهر الكهربائى اذا قورن بالطرق الاخرى لصهر الصلب بعدة ميزات، منها امكان التوصل الى درجة حرارة عالية فى مكان الصهر، مما يسمح بالحصول على خبث به كثير من الجير، يضمن التخلص التام تقريبا من الفوسفور والكبريت؛ وكذلك يخفف كثيرا من احتراق المعدن وعناصر الاشابة نتيجة لعدم وجود لهب مؤكسد.

وتعمل الافران الكهربائية الصناعية اما بالحث الكهربائى واما بمبدأ القوس الكهربائى.

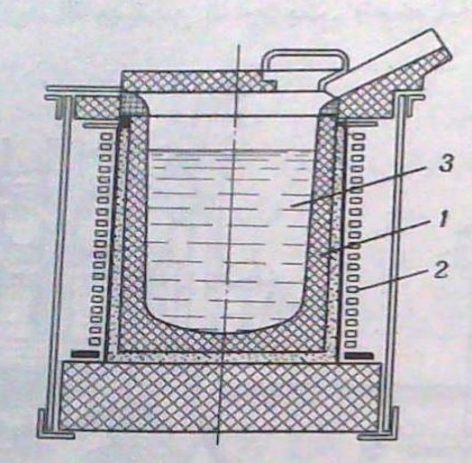
افران كهربائية بالحث:

فى شكل ٨ رسم لفرن كهربائى بالحث (بدون قلب) يعمل بتيار تردده ٥٠٠ — ٢٠٠٠ ذبذبة/ثانية.

فحول البودقة المقاومة للحرارة 1 ملف على شكل ماسورة من النحاس ذات مقطع مستطيل 2 يجرى بها الماء للتبريد. ويمر تيار عالى التردد من

مولد خاص فى الملف فيثير فى المعدن تيارات دوامية، تسخن المعدن 3 بسرعة حتى انصهاره.

وتشغل فى الافران ذات التردد العالى شحنات موادها شديدة النقاوة منتخبة بعناية. ونظرا للسرعة الكبيرة للعملية لا يجد المعدن فرصة للتأكسد الشديد.



شكل رقم ٨. رسم تخطيطى لفرن كهربائى بالحث:
1 — البودقة المقاومة للحرارة، 2 — مفاعل حاث، 3 — المعدن.

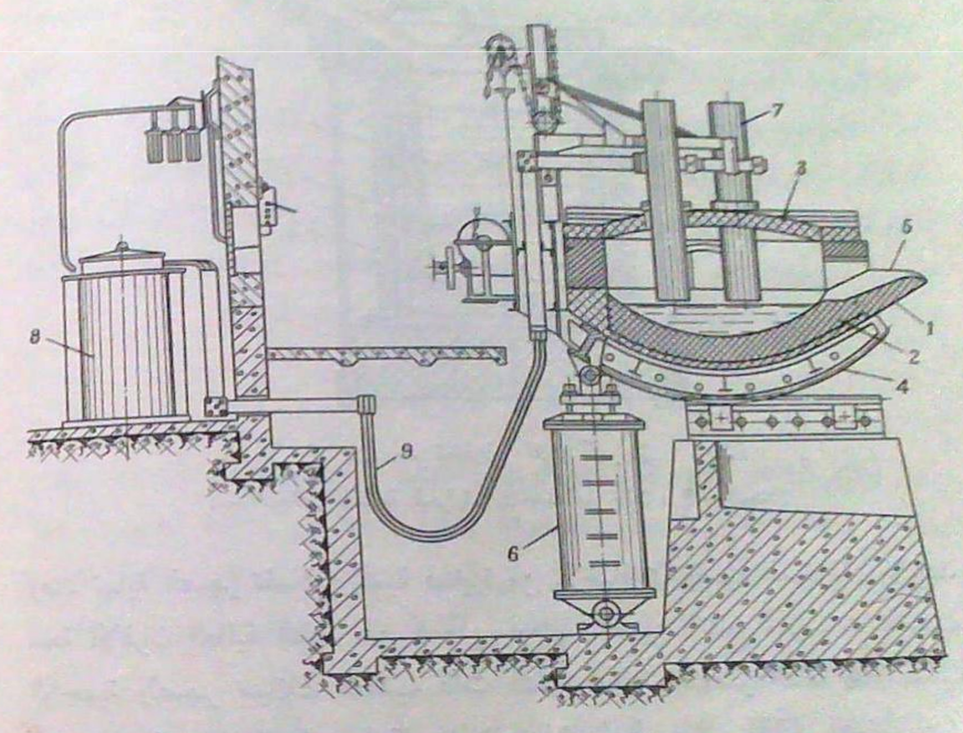
وعند نهاية الصهر تضاف كمية صغيرة من الاضافات والمواد المختزلة. ولا تزيد سعة الافران العالية التردد عن ٨ طن. وهى تستعمل لانتاج مسبوكات الصلب الواجهية ولصهر سبائك الصلب ذات النسبة العالية للعناصر المضافة (الصلب المتحمل للحرارة والصلب المقاوم للانصهار والصلب غير القابل للصدأ الخ).

افران القوس الكهربائى:

وتعمل بمبدأ استغلال الحرارة المتولدة عن القوس الكهربائى المتكون. وتنقسم الى افران ذات قوس مستقل وافران ذات قوس غير مستقل. وفى افران النوع الاول توجد الاقطاب فوق سطح حمام المعدن، ويتم صهر الشحنة بواسطة الحرارة المتولدة عن القوس المتكون. اما فى الافران ذات القوس غير المستقل فيجرى صهر المعدن بواسطة حرارة القوس الكهربائى المتكون بين

الاقطاب وحمام المعدن. وقد انتشر استعمال هذه الافران لصهر الصلب والسباكة انتشارا واسعا.

وفى شكل ٩ مقطع تخطيطى لفرن قوس ذى وجهين ويصنع الغلاف 1 من صفائح سميكة من الصلب. وتصنع البطانة 2 فى الافران الحامضية من الديناس، وفى الافران القاعدية من الماجنزيت. وتصنع قبة الفرن 3 من الطوب



شكل رقم ٩. فرن القوس الكهربائى.

الديناسى بحيث يمكن خلعها. ويركب الفرن لسهولة صب المعدن على مجارى مقوسة 4، ويجرى الصب بالميزاب 5 باستعمال التوصيلة الكهربائية او الهيدروليكية 6 التى تقوم بامالة الفرن. وتصنع الاقطاب 7 متحركة، وهى اما من الكربون او الجرافيت. وتغذى الاقطاب بالتيار من محول 8، بواسطة كابلات مرنة 9. وتصل سعة افران القوس الى ١٨٠ طنا.

وتضم الشحنة عند صهر الصلب فى افران القوس الكهربائى الخردة والزهر وخام الحديد والفلكس والمواد المختزلة وسبائك الحديد. والمادة الاولية الرئيسية هى خردة الصلب. اما الزهر فيقوم برفع نسبة الكربون فى المعدن، ويضاف خام الحديد لاكسدة المواد المختلطة. ويستعمل الجير كفلكس فيكون خبثا قاعديا. ويحصل على الخبث الحامض باضافة الرمل الكوارتزى. وتستعمل كمواد مختزلة الحديد السليكى (الفروسليكون) والحديد المنجنيزى (الفرومنجنيز) والالومنيوم. ويضاف الحديد الكرومى (الفروكروم) والحديد النيكيلى (الفرونيكل) والحديد الولفرامى (الفروولفرام) والخ للحصول على صلب سبائكى. وينتج فى الافران ذات البطانة الحامضية صلب عالى الجودة باستعمال شحنة نقية خالية من الفوسفور والكبريت بقدر الامكان. اما فى الافران القاعدية فينتج صلب يستعمل للانشاءات ذو نسبة منخفضة من الشوائب الضارة.

عملية الصهر الكهربائى: (قاعدية):

بعد انصهار الشحنة فى الفرن يلقى فيه بكمية محددة من الجير وخام الحديد او نواتج تأكسد الحديد ثم يوصل التيار الكهربائى. ويمكن تقسيم عملية صهر الصلب الى مرحلتين: مرحلة التأكسد ومرحلة الاختزال. وفى المرحلة الاولى تتاكسد جميع المواد المختلطة (ما عدا الكبريت) بواسطة اكسجين الخام او نواتج تأكسد :

$$2FeO + Si = 2Fe + SiO_2 + 78990\ Cal.$$
$$FeO + Mn = Fe + MnO + 32290\ Cal.$$
$$5FeO + 2P = 5Fe + P_2O_5 + 47850\ Cal.$$

ويضمن وجود الجير حدوث التفاعل $P_2O_5 + 4CaO = (CaO)_4 P_2O_5$ يقشط الخبث وتضاف مرة اخرى كمية صغيرة من الجير والخام. وبعد تكون الخبث مرة اخرى تؤخذ عينة لمعاينة وجود الفوسفور ثم يقشط الخبث مرة اخرى وتكرر هذه العملية حتى التخلص التام من الفوسفور كله تقريبا. ومن المحتمل عند ارتفاع نسبة الكربون احتراق جزء منه لو كانت درجة حرارة الفرن كافية لذلك:

$$FeO + C = Fe + CO - 34460\ Cal.$$

اما فى المرحلة الثانية فيغمر سطح المعدن بخبث قاعدى يتكون من الجير والسبار القابل للانصهار ثم يضاف الكوك المفتت. ويجرى اختزال المعدن وتحويل الكبريت الى خبث حسب التفاعلات الاتية:

$$FeS + CaO + C = Fe + CaS + CO$$
$$MnS + CaO + C = Mn + CaS + CO$$

بعد قشط الخبث يضاف خبث جديد وتكرر هذه العملية حتى يتم التخلص من الكبريت كله تقريبا.

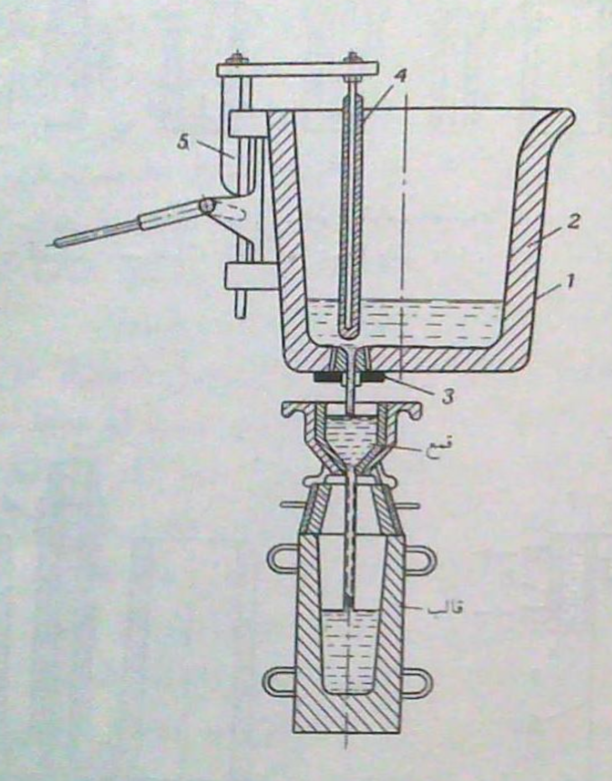
ولاختزال الصلب نهائيا تضاف سبائك حديد. فاذا كان المطلوب هو الحصول على صلب سبائكى تضاف سبائك حديد تحتوى على نسبة عالية من عناصر الاشابة المطلوبة. وتؤخذ عينات اثناء سير العملية وقبل صب الصلب يحكم منها على مدى نضوج الصلب ومطابقته للتركيب الكيميائى المطلوب. وتتراوح مدة الصهر الكهربائى حسب سعة الفرن وتركيب الشحنة المشغلة من ٢ — ٨ ساعات. وقد اكتسب انتاج الصلب فى الافران الكهربائية اهمية كبيرة نظرا لانتشار استعمال انواع الصلب السبائكى والصلب العالى الجودة فى بناء الماكينات الهامة.

٤ . صب الصلب

يصب الصلب المصهور فى المحول او فى فرن مارتن او الفرن الكهربائى فى بودقة صب، وبعد ذلك يجرى سبكه فى قوالب خاصة. وبودقة الصب (شكل ١٠) عبارة عن وعاء 1 من الصلب المبرشم ، مبطن بالطوب الحرارى 2. وفى قاع البودقة فتحة مستديرة يركب بها كوب 3 من الطين الحرارى. وتغلق فتحة الكوب بسدادة مصنوعة من مادة مقاومة للحرارة، مثبتة بذراع الاغلاق 4. وتركيبة الاغلاق 5 مثبتة على الغطاء من الخارج. وتحمل البودقة الى مكان الصب بواسطة الاوناش المعلقة.

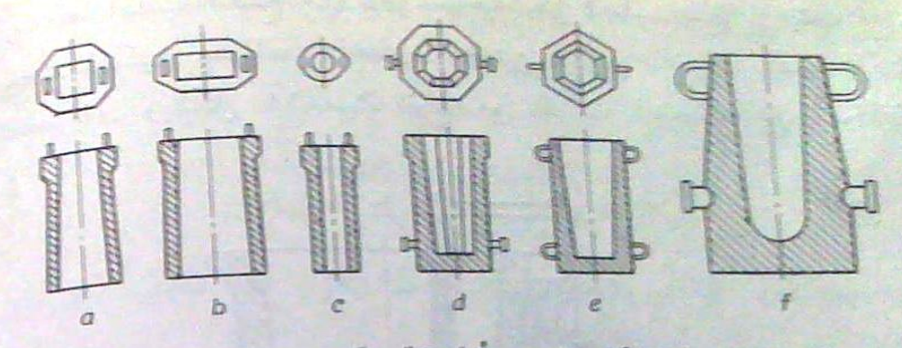
2-2061

اما القالب فيصنع من الزهر، واحيانا من الصلب بقاع او بدون قاع. ويصنع القالب مسلوبا من احدى الجهتين لتسهيل اخراج الصبة (الكتلة المصبوبة). وبشكل ١١ مبينة انواع من القوالب ذات المقاطع المختلفة.

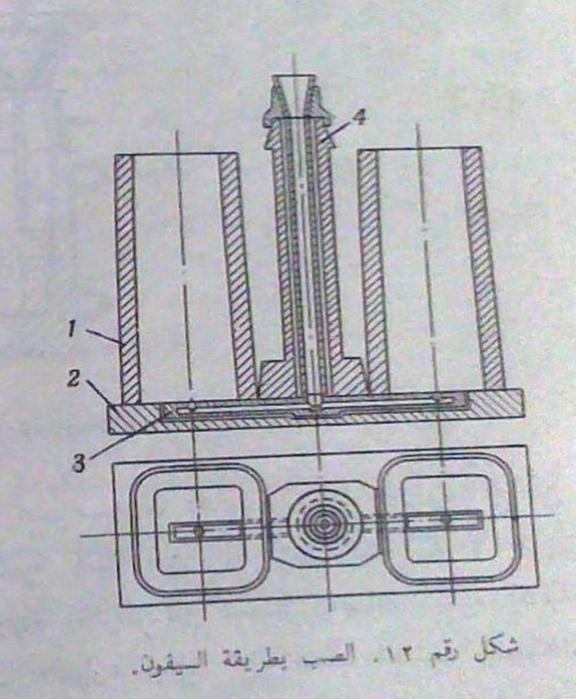


شكل رقم ١٠. بودقة الصب.

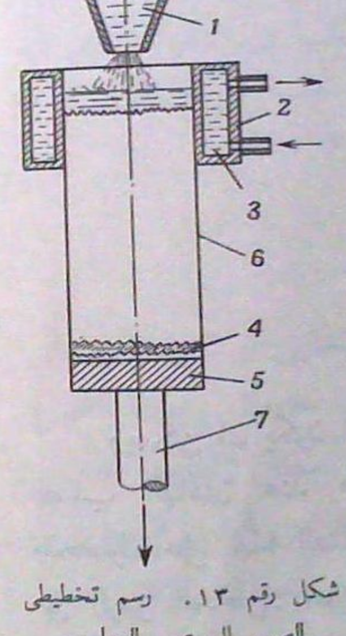
ويمكن ان يكون الصلب عند صبه اما «هادئا» او «فوارا». وتخرج من الصلب الهادئ عند صبه كمية قليلة من الغازات كما انه لا يغلى. وللحصول على هذا الصلب يجرى اختزال تام للمعدن باضافة كمية كافية من الزهر الخاص. اما الصلب «الفوار» فيغلى اثناء عملية الصب وتتصاعد منه كمية كبيرة من الغازات. ويفسر فوران الصلب بانه يصب قبل ان يتم اختزاله الكامل فعند انخفاض درجة الحرارة يتفاعل جزء من الكربون مع



شكل رقم ١١. أنواع قوالب الصب:
a، b – للصب المستعملة للدلفنة، c – للمواسير، d، e، f – للمطروقات.



شكل رقم ١٢. الصب بطريقة السيفون.



شكل رقم ١٣. رسم تخطيطى للصب المستمر للصلب.

اكسيد الحديد المتبقى: FeO+C=Fe+CO والصلب الفوار ارخص من الهادئ، كما أنه يعطى كمية اكبر من المعدن ويوفر فى المواد المختزلة، الا انه اقل فى جودته من الصلب الهادئ بكثير.

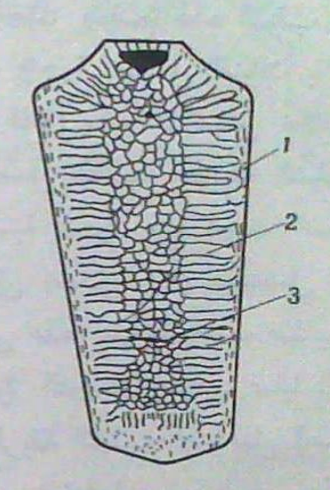
ويمكن ملء القوالب بالمعدن السائل من اسفل (الصب بطريقة السيفون) او من اعلى. والصب بطريقة السيفون (شكل ١٢) يسمح بملء عدد كبير من القوالب 1 فى وقت واحد، وتوضع هذه القوالب على طبق 2 من الزهر، به قنوات 3 مبطنة بطوب واجهة. وتتصل القنوات بالمصب الرئيسى 4 – وتملأ القوالب الموضوعة (بدون قاع) بالمعدن السائل خلال المصب الرئيسى بمبدأ الاوانى المستطرقة. ويستعمل الصب بطريقة السيفون اساسا لصب الصلب الفوار. وتتكون باعلى الصبة فجوة عند تجمد المعدن.

اما الصب من اعلى (شكل ١٠) فيستعمل للحصول على صبب كبيرة من الصلب «الهادئ». وفى هذه الطريقة يصب صلب ذو درجة حرارة منخفضة، مما يقلل من حجم فجوة التجمد ويعطى صلبا اكثر تكاثفا. وقد اتسع فى الوقت الحاضر انتشار طريقة الصب المتواصل للصلب، مما أعطى وفرا كبيرا للمعدن. وبشكل ١٣ رسم تخطيطى يبين اسس هذه الطريقة. فالصلب السائل ينساب من القمع 1 بسرعة محددة الى المبلور 2 المبرد بالماء 3. ويبدأ المعدن المنساب 4 فى التبلور عند تلامسه بالسطح المعدنى 5. وبانزال هذا السطح الى اسفل والتغذية بالصلب السائل دون انقطاع تحدث بلورة تدريجية لطبقات المعدن الاخرى، وهكذا يمكن الحصول على صبب 6 ذات طول كبير. ونظرا لملء الفراغ الناتج عن الانكماش بالمعدن السائل لا تحدث فجوة عند التجمد. وتقوم التركيبة 7 بتحريك الصبة الى اسفل بسرعة تتناسب مع سرعة صب المعدن فى المبلور.

بناء صبب الصلب:

لا يبرد الصلب المصبوب فى قالب الصبة بانتظام. وشكل ١٤ يبين بناء الصبة. فعند اماكن تلامس المعدن السائل بحوائط القالب يبرد المعدن بسرعة، مكونا طبقة رقيقة متكاثفة 1 من البلورات الدقيقة ذات الاتجاهات

المختلفة. ويجرى التبريد فى اتجاه مركز الصبة ببطء، ويكون نمو البلورات فى غالبيته فى اتجاه عمودى على جدران القالب. وتسمى البلورات المتكونة بالبلورات 2 العمودية (لشبهها بالاعمدة). فى الجزء المحورى من الصبة فان التبريد يكون اكثر بطئا. ولما كانت الحرارة تتسرب فى مختلف الجهات فان هذا الجزء من الكتلة 3 يتكون من بلورات متناثرة دون ترتيب معين.



شكل رقم ١٤. مقطع تخطيطى لصبة من الصلب.

وكما بين د. ك. تشرنوف فان نمو البلورات المتكونة يكون غير منتظم. ففى البداية تنمو البلورة فى اتجاه محورها الرئيسى، ثم تتفرع منه فروع تنمو بزاوية معينة، ومن هذه الفروع تنمو فروع اخرى جديدة وهكذا. ونتيجة لذلك تتكون بلورة ذات شكل شبيه بالشجرة ولذلك تسمى «دندريت» (اى شجرية) اما الفراغ الموجود بين الفروع فيملأ بالجزء الباقى من المعدن السائل، الذى يتجمد عند اكتمال التبلور. ومن عيوب صبب الصلب: فجوة التجمد والعزل والفقاعات الغازية والشقوق.. الخ.

وفجوة التجمد هى الفراغ الذى يتكون عند تجمد الصبة. ونظرا لوجود فرق بين حجم المعدن السائل والمتجمد، فمن المستحيل صب كتلة دون

فجوة التجمد. ويعمل عادة على أن تكون هذه الفجوة بأصغر حجم ممكن وعلى أن تكون بالجزء العلوى من الكتلة.

اما العزل فهو التوزيع الغير متساوى لمكونات السبيكة فى أجزاء الكتلة المختلفة. وهناك نوعان من العزل: العزل داخل البلورات والعزل المناطقى. ويؤدى العزل داخل البلورات الى عدم تماثل اجزاء البلورة فى تركيبها الكيميائى. ويمكن بواسطة التسخين الانتشارى جعل تركيب البلورات متماثلا الى حد كبير. اما العزل المناطقى فيتميز بالتوزيع غير المتساوى للعناصر المكونة للسبيكة فى مقطع الصبة ولا يمكن اعادة التماثل بالانتشار ولا يمكن اصلاح هذا العيب بطبيعته بأى حال من الاحوال.

والفقاعات الغازية هى فراغات صغيرة تنتشر فى اماكن مختلفة من الكتلة. وتتكون الفقاعات فى الصلب الردئ الاختزال تحت القشرة بالقرب من السطح. ولا يعطى الصلب الجيد الاختزال كثيرا من الفقاعات عند تجمده، وتكون هذه عادة فى اعماق الكتلة. ومن العيوب المحلية للكتلة خشونة السطح، والنتوءات، والشقوق والفصوص غير المعدنية.. الخ.

الفصل الثالث

انتاج المعادن الغير حديدية

من المعادن الغير حديدية، المستعملة على نطاق واسع فى الصناعة، النحاس والالومنيوم والقصدير والزنك والرصاص والنيكل والمغنسيوم. ويفسر استعمال المعادن الغير حديدية وسبائكها بان لبعضها خواص قيمة، كجودة التوصيل الكهربائى والحرارى ومقاومة الصدأ وصغر معامل الاحتكاك.. الخ. وقد أوردنا فى الفصل الثالث عشر خواص المعادن الغير حديدية وسبائكها.

١ . انتاج النحاس

يستعمل النحاس فى حالته النقية فى الصناعات الكهربائية والحرارية (انتاج الطاقة) والصناعات الكيميائية. كما ان النحاس يستعمل على نطاق واسع للحصول على السبائك. ويستخلص النحاس من خامات النحاس.

خامات النحاس:

وتوجد فى القشرة الارضية اساسا على شكل مركبات مختلطة، تحتوى عدا عن النحاس على خامات معادن اخرى.

ويستخلص الجزء الاكبر من النحاس من خاماته الكبريتية، التى تحتوى على النحاس بنسبة تصل الى ٥٪. ومن هذه الخامات:

١) بيريت النحاس، او الهالكوبيريت $Cu_2S \cdot Fe_2S_3$. وهو اكثر خامات النحاس انتشارا.

٢) الهالكوزيت Cu_2S.

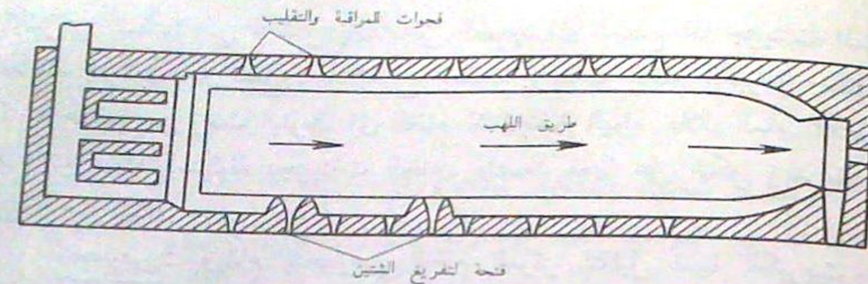
٣) البورنيت او الخام الارقط $Cu_2S \cdot FeS \cdot CuS$.

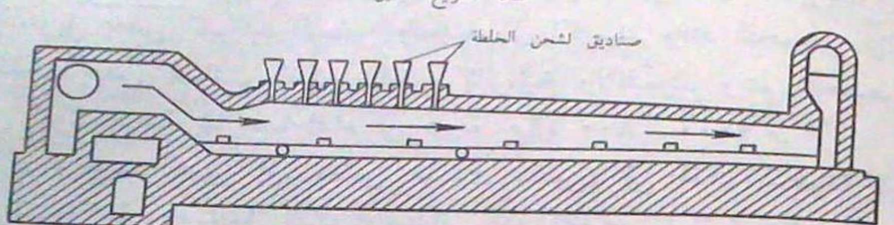
٤) الكوبريت، خام اكسيد النحاس Cu_2O ويعتبر من الخامات الفقيرة.

وهناك طريقتان لانتاج النحاس: الطريقة البيرومتالورجية (الجافة)، والطريقة الهيدرومتالورجية (الرطبة). وقد انتشر استعمال الطريقة الجافة، التى تشغل بها الخامات الكبريتية؛ ولا يشغل بالطريقة الرطبة الا الخامات الاكسيدية.

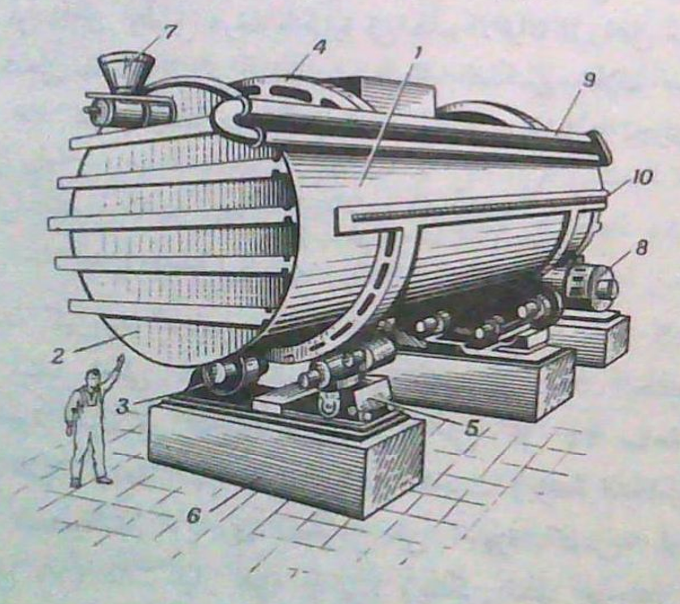
الطريقة الجافة (البيرومتالورجية) لاستخلاص النحاس: وتتكون هذه الطريقة من العمليات الاتية: ١) تركيز الخام، ٢) التحميص، ٣) التحويل الى نحاس صخرى (شتين)، ٤) الحصول على النحاس غير النقى، ٥) التنقية.

تركيز خامات النحاس الكبريتية، ويجرى بطريقة الطفو وهى مبنية على قدرة المركبات الكبريتية على عدم الابتلال بالماء. فيفتت الخام قبل التعويم فى طواحين ذات كرات حتى يصل حجم حباته الى ٠٥ر٠ — ٥ر٠ مم وبعد ذلك يحمل فى ماكينة الطفو المملوءة بالماء، فتبدأ جزيئات الخام





شكل رقم ١٥. رسم تخطيطى للفرن العاكس



شكل رقم ١٦. محول اسطوانى لنفخ النحاس الصخرى (الشتين): 1 – الغلاف، 2 – القاع، 3 – اسطوانة، 4 – اطار، 5 – مسند، 6 – الاساس، 7 – العنق، 8 – تركيبة التحريك، 9 – ماسورة الهواء، 10 – فتحات الهواء.

الكبريتى المفتتة التى لم تبتل بالماء فى الصعود الى السطح اما جزيئات المادة العاطلة فترسب على القاع. وللاسراع بطفو جزيئات الخام الكبريتى تضاف كمية صغيرة من زيت البترول الى الخام كما ينفخ الهواء خلال الماء. فتلتصق فقاعات الهواء المتكونة بجزيئات الخام، وتصعد معها على شكل زبد يقشط ويزال منه الماء.

التحميص: ويقام بتحميص الخام المركز لتقليل نسبة الكبريت به ولتحويل بعض كبريتيد النحاس والحديد الى اكاسيد. وعند التحميص تزال كذلك بعض الشوائب الضارة بالخام كالزرنيخ والانتيمون. ويتم التحميص فى افران خاصة بها عدة اقباء فى درجة حرارة ٨٠٠ — ١٠٠٠°م.

ويجرى الصهر الى نحاس صخرى (شتين) فى افران اسطوانية او افران عاكسة. ويستعمل الفرن الاسطوانى (ذو القميص المائى) عندما يكون الخام على شكل قطع كبيرة. ويعمل الفرن العاكس (شكل ١٥) بوقود غبارى او سائل او غازى. وتصل درجة الحرارة فى هذه الافران الى اعلى من ١٠٠٠°م. ويجرى شحن الخام المركز بالطفو مخلوطا بالفلكس خلال صناديق توجد على طول قبة الفرن. وعند درجة حرارة تقرب من ١١٠٠°م تجرى التفاعلات الاتية:

$$Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2$$
$$2Cu + FeS = Cu_2S + Fe$$
$$Cu_2O + FeS + SiO_2 = Cu_2S + FeSiO_3$$

ويكون كبريتيد النحاس الثنائى Cu_2S وكبريتيد الحديد FeS النحاس الصخرى، بينما تعطى المادة العاطلة والفلكس واكسيد الحديد الخبث. وتتراوح انتاجية الفرن فى الحدود من ٢ — ٦ طن كل ٢٤ ساعة لكل متر مربع ارضية الفرن. وبعد انتهاء الصهر يقشط الخبث ويؤخذ النحاس الصخرى للتشغيل فى المحولات. ويجرى التحويل فى اجهزة كمثرية او اسطوانية الشكل (شكل ١٦) ذات تيار هواء جانبى. ويمكن تمييز مرحلتين للتحويل. ففى المرحلة الاولى عند نفخ الهواء يتأكسد الحديد حسب المعادلة:

$$2Cu_2S + 2FeS + 3O_2 = 2Cu_2S + 2FeO + 2SO_2$$

وفى هذا التفاعل تنطلق حرارة. ولتحويل اكسيد الحديد الى خبث تضاف السليكا:

$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3$$

ويقشط الخبث المتكون ($FeSiO_3$).

اما فى المرحلة الثانية فيحترق الكبريت المتحد مع النحاس حسب المعادلة:

$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2$$

ويتفاعل اكسيد النحاس المتكون Cu_2O مع كبريتيد النحاس Cu_2S المتبقى حسب المعادلة:

$$2Cu_2O + Cu_2S = 6Cu + SO_2$$

ويحتوى النحاس غير النقى الناتج على شوائب بنسبة نحو ٢٪.

تنقية النحاس (التنقية من الشوائب الضارة) وتتم إما بالطريقة الحرارية أو بالطريقة الكهروكيميائية. وتجرى التنقية بالطريقة الحرارية فى أفران عاكسة. ويحتوى النحاس الذى ينتج بواسطتها على ٩٩٫٥ — ٩٩٫٧٪ من عنصر النحاس. ويصب هذا النحاس فى كتل او صفائح مصعدية لعملية التحليل الكهربائى. وتستعمل هذه الصفائح للحصول على تنقية أكثر للنحاس (تصل إلى نسبة ٩٩٫٩٨٪ من عنصر النحاس)، الذى يستعمل لتلبية احتياجات الصناعات الكهربائية.

الطريقة الرطبة (الهيدروميتالورجية):

وتستعمل للخامات الأكسيدية الفقيرة. يفتت الخام أولا إلى أن يصل حجم حبيباته إلى ٢ — ١٥ مم وبعد ذلك يمر بمرحلة الفرز للحصول على حبيبات ذات حجم واحد (درجات). وتجرى لكل درجة عملية تركيز فى ماكينة ترسيب. وفى هذه الماكينة يغسل الخام والمادة العاطلة بواسطة تيار من الماء، ولما كان الوزن النوعى للخام والمادة العاطلة مختلفا، فانهما ينفصلان : فيرسب الخام الى اسفل بينما تبقى المادة العاطلة بأعلى. ويعامل الخام المركز بمحلول

مخفف من حامض الكبريتيك، ويتلو ذلك ترشيحه للحصول على محلول نظيف. ويتم ترسيب النحاس من المحلول بالتحليل الكهربائى او باحلال الحديد (الخردة) محل النحاس حسب التفاعل:

$$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu$$

ويعاد صهر النحاس الناتج فى افران لهبية ثم ينقى.

٢ . انتاج الالومنيوم

يعد البوكسيت المادة الخام الرئيسية للحصول على الالومنيوم. والبوكسيت صخر معدنى مركب يحتوى على هيدروكسيد الالومنيوم $Al(OH)_3$ طليقا بنسبة ٤٠ — ٦٠٪ وعلى عدد من الشوائب: Fe_2O_3; SiO_2; CaO; TiO_2 وغيرها. وفى الاتحاد السوفييتى موارد غنية من البوكسيت. وينقسم انتاج الالومنيوم الى عمليتين:

١) الحصول على اكسيد الالومنيوم (الالومينا) من البوكسيت؛ ٢) التحليل الكهربائى للالومينا.

الحصول على اكسيد الالومنيوم (الطريقة القلوية):

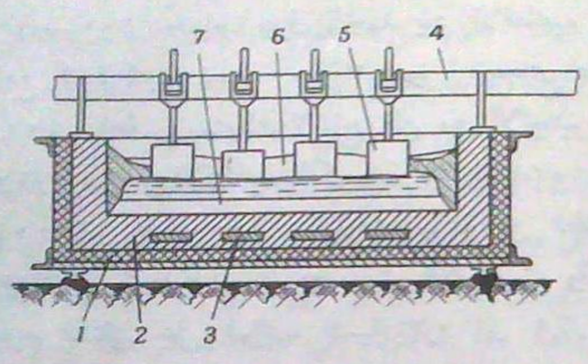
وفيها يعامل الخام الذى يحتوى على كمية صغيرة من السليكا بالمواد القلوية لتحويل هيدروكسيد الالومنيوم الى الومينات الصوديوم:

$$2Al(OH)_3 + 2NaOH = Al_2O_3Na_2O + 4H_2O$$

وتذوب الالومينات الناتجة فى الماء أما اكاسيد الحديد والتيتانيوم فإنها تكون رواسب صلبة غير قابلة للذوبان تفصل على المرشحات الكابسة. ويجرى المحلول المائى المرشح لالومينات الصوديوم إلى أحواض بها قلابات حيث يتحلل المحلول بواسطة التحليل الكهربائى فينفصل منه راسب صلب من هيدروكسيد الالومنيوم:

$$Al_2O_3Na_2O + 4H_2O = 2Al(OH)_3 + 2NaOH$$

ويرسل الراسب المرشح المغسول إلى الفرن حيث يتحول عند درجة ١٣٠٠°م إلى اكسيد الالومنيوم غير المائى Al_2O_3. وقد حظى استعمال الطرق القلوية لانتاج الألومينا بأوسع انتشار.



شكل رقم ١٧. حمام لتحليل الالومينا.

إنتاج الألومنيوم بطريقة التحليل الكهربائى:

يتلخص الحصول على الألومنيوم من الألومينا فى تحليل اكسيد الالومنيوم (كهربائيا) فى حمام من الكريوليت $AlF_3 3NaF$ المصهور الى مكوناته. ومن خواص الكريوليت $AlF_3 3NaF$، القدرة على اذابة الالومينا وهو بالاضافة الى ذلك يخفض درجة انصهارها التى تقدر بنحو ٢٠٠٠°م. وبشكل ١٧ مقطع تخطيطى لحمام التحليل الكهربائى. ويتكون الحمام من غلاف حديدى وبطانة عازلة للحرارة ١، وقاع الحمام وجدرانه، وهى مغطاة بطبقة من الكربون 2. وتوصل المهابط الاطارية 3 المدفونة فى القاع بالقطب السالب لمصدر التيار، اما اطار المصعد 4 فتوصل به الاقطاب الكربونية 5 المدلاة فى الحمام. وقبل بدء التحليل الكهربائى تنثر على قاع الحمام طبقة رقيقة من الكوك المفتت ثم تنزل الاقطاب حتى تتلامس معها ويوصل التيار. وعندما تسخن الطبقة الكربونية الى درجة الاحمرار يدخل الكريوليت وبعد انصهاره تشحن الالومينا 6 بما لا يزيد عن ١٥٪ من الكريوليت بالحمام. وعند هذه النسبة للاملاح تكون درجة حرارة المحلول من ٩٥٠ — ١٠٠٠°م. ومع تحلل

الالومينا يتجمع الالومنيوم 7 المختزل على قاع الحمام وتضاف الالومينا لتعويض التحلل.

وتوصل الحمامات على التوالي في ورشة التحليل الكهربائي في مجموعات بكل منها من ٨٠ ـ ١٠٠ حمام. وفرق الجهد بين الاقطاب للحمامات من ٥ ـ ١٠ فولت مع شدة للتيار نحو ٣٠٠٠٠ امبير. ويجرى صب الالومنيوم مرة كل ٥٠ ـ ١٠٠ ساعة. ويستهلك لانتاج طن من الالومنيوم نحو ٢ طن من الالومينا، و٦ر٠ طن من الاقطاب الكربونية (المصعد)، و١ر٠ طن من الكريوليت ومن ١٦٠٠٠ الى ١٩٠٠٠ كيلوات ساعة من الطاقة الكهربائية. وينقى الالومنيوم الناتج لتخليصه من جزيئات الكريوليت والغازات الذائبة. ويحتوى الالومنيوم المنقى على شوائب بنسبة ٣ر٠ الى ١٪.

٣ . انتاج القصدير

يستخلص القصدير من خاماته النادرة الوجود نسبيا، والتي لا توجد بكميات كبيرة. ويوجد القصدير في خاماته على شكل ثاني اكسيد القصدير SnO_2 المسمى بحجر القصدير او الكاسيتريت. ويعثر نادرا على بيريت القصدير وتكون نسبة القصدير في الخام عادة صغيرة (من ٢٥ر٠ الى ١٪) اما الباقي فهو مادة عاطلة (كوارتز وفلورسبار) وشوائب. وتصل نسبة القصدير الى ٢ ـ ٦٪ في الخامات المسماة بالخامات «الغنية» فقط. ويجرى على الخام المستخرج التركيز والتحضير، وبعدها يصهر الخام المركز لاختزاله في افران عاكسة حيث يختزل ثاني اكسيد القصدير SnO_2 عند درجة حرارة ٨٠٠°م بواسطة اول اكسيد الكربون والكربون الصلب:

$$SnO_2 + 2CO = Sn + 2CO_2$$
$$SnO_2 + 2C = Sn + 2CO$$

ويحتوى القصدير الناتج على كثير من الشوائب والتي تصل نسبتها الى ٣٪. وللحصول على نوع جيد من المعدن يحتوى على ٩٩ر٩٩٪ من عنصر القصدير تجرى التنقية بالتحليل الكهربائي.

٤ . انتاج الزنك

يستخلص الزنك (الخارصين) من خامات الزنك. ويعتبر البلند الخارصيني ZnS أهم خامات الزنك، ويحتوى عادة من ٣٠ ـ ٥٠٪ خارصين. ويجرى الحصول على الزنك بطريقتين: بطريقة التقطير (البيرومتالورجية) وبطريقة التحليل الكهربائي (الهيدرومتالورجية). وتتلخص الطريقة الكهربائية، التي حظيت بانتشار كبير، في تحميص الخام المركز ثم معالجته بمحلول من حامض الكبريتيك. ويرسل محلول $ZnSO_4$ بعد تنقيته من الشوائب الى حوض التحليل الكهربائي وبه المصعد من الواح الرصاص والمهبط من الواح الالومنيوم. ويترسب الزنك في عملية التحليل على المهبط. ويصهر الزنك المهبطي في افران عاكسة ذات جو مختزل يقي المعدن من التأكسد. ويحتوى الزنك المصبوب في كتل على ٩٩ر٩٥٪ من عنصر الخارصين.

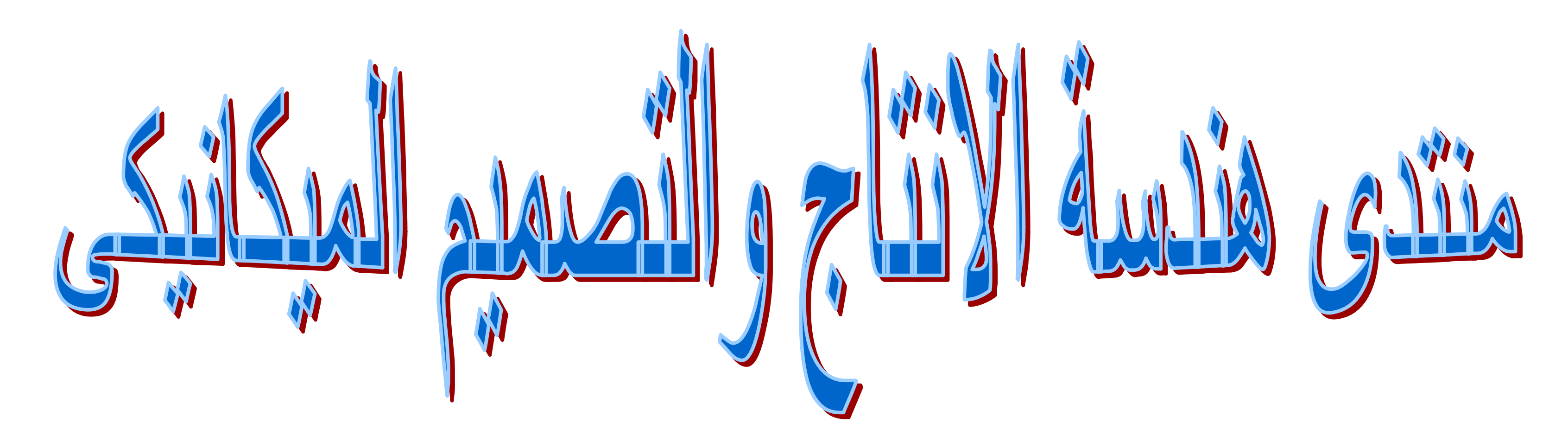
٥ . انتاج الرصاص

يستخلص الرصاص من خاماته. واهم خامات الرصاص هو الليتارج PbS. وتتراوح نسبة الرصاص بالخام في المتوسط من ٦ ـ ١٦٪. ويستخلص الرصاص بطريقة الصهر الاختزالي للخام المركز بعد تحميصه مبدئيا. ويجرى التحميص المبدئي في افران عاكسة لتحليل كبريتيد الرصاص PbS وتحويل الرصاص الى كبريتات $PbSO_4$ ويمكن بواسطة التحميص الثانوي التخلص تماما من الكبريت والحصول على PbO . ويختزل الرصاص عند الصهر في افران اسطوانية بواسطة كربون فحم الكوك حسب المعادلتين

$$PbO + C = Pb + CO$$
$$PbO + CO = Pb + CO_2$$

ويحتوى الرصاص الناتج بعد الاختزال على شوائب بنسبة تصل إلى ٥ر١٪. ويحتوى الرصاص بعد تنقيته على نحو ٩٩ر٩٥٪ من عنصر الرصاص.

لاتنسونا من صالح دعائكم بظهر الغيب



/http://eng2010.yoo7.com